

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA
FILHO" - INSTITUTO DE ARTES**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - MESTRADO EM ARTES

SORAYA CRISTINA BRAZ NUNES

Dos bytes aos átomos: reflexões e experimentações artísticas
sobre o universo da impressão 3D

SÃO PAULO

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA
FILHO" - INSTITUTO DE ARTES**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - MESTRADO EM ARTES

SORAYA CRISTINA BRAZ NUNES

**Dos bytes aos átomos: reflexões e experimentações artísticas
sobre o universo da impressão 3D**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Instituto de Artes da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como exigência parcial para obtenção de título de Mestre em Artes Visuais, dentro da linha de pesquisa Processos e Procedimentos Artísticos, sob a orientação do Prof. Dr. Milton Terumitsu Sogabe.

SÃO PAULO

2014

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Artes
da UNESP

N972d	Nunes, Soraya Cristina Braz, 1980- Dos bytes aos átomos: reflexões e experimentações artísticas sobre o universo da impressão 3D / Soraya Cristina Braz Nunes. - São Paulo, 2014. 77 f. ; il. color Orientador: Prof. Dr. Milton Terumitsu Sogabe Dissertação (Mestrado em Artes) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes. 1.Arte e tecnologia. 2.Impressão 3D. I. Sogabe, Milton Terumitsu. II. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes. III. Título CDD 700.105
-------	---

Ao meu pai (in memorian) e minha mãe

Ao Fábio, por alimentar inspirações inmensuráveis

Agradecimentos

Ao querido Prof. Dr. Milton Sogabe por compartilhar seu rico repertório durante esta orientação e pelo apoio durante a realização desta pesquisa.

Aos queridos colegas do grupo de pesquisa c.A.t. – Ciência, Arte e Tecnologia – e do grupo GIIP - Grupo Internacional e Interinstitucional de Pesquisa em Convergências entre Arte Ciência e Tecnologia - pelas contribuições conceituais e poéticas.

Aos professores doutores Hermes Renato Hildebrand e Agnus Valente pelas fundamentais contribuições durante o exame de qualificação.

Aos amigos Laurita Salles, Vivian Puxian, Maurício Taveira, Hosana Celeste, e mais alguém a quem eu infelizmente possa ter esquecido, pelos pitacos e apoios durante este processo que vivenciei.

Ao Garagem Fab Lab, em especial a Eduardo Lopes, que colaborou com a realização do projeto prático desta pesquisa, esclarecendo os desafios técnicos da impressão 3D e do escaneamento.

Aos professores e colegas da disciplina “Estandarização Virtual: da Linha de Montagem à Fábrica Digital” da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, em especial à Juliana Harrison Henno pelas parcerias.

Ao Fab Lab São Paulo que me proporcionou os primeiros contatos com a fabricação digital e a impressão 3D.

Ao Programa de Pós-Graduação em Artes do Instituto de Artes da UNESP pelo apoio a minha participação em eventos acadêmicos para divulgar esta pesquisa.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio a esta pesquisa através de bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução.....	9
Capítulo 1 - A impressão 3D.....	13
1.1. A indústria e os artistas.....	13
1.2. Implicações da tecnologia.....	16
1.3. Surgimento da impressão 3D.....	19
1.4. Impressoras livres e comunidades colaborativas.....	23
1.5. Limitações atuais da tecnologia.....	28
Capítulo 2 - Impressão 3D e produções artísticas.....	31
2.1. Transposições: materializando criações digitais.....	31
2.2. Automatismo: L'Artisan Electronique e o retorno ao gesto humano.....	39
2.3. Autonomia: as provocações de Leonel Moura.....	42
2.4. Implicações da tecnologia: Stranger Visions e a cultura de vigilância.....	44
Capítulo 3 - Deliberator: projeto artístico sobre o universo da impressão 3D.....	48
3.1. Implicações da impressão 3D: o caso da Liberator.....	48
3.2. Liberator e a materialização de sentimentos.....	53
3.3. Deliberator: desconstruindo a impressão 3D.....	56
Considerações finais.....	69
Referências.....	71

RESUMO

O surgimento de uma nova tecnologia de produção, a impressão 3D, vem sendo considerada por entusiastas como uma “Nova Revolução Industrial” por confrontar paradigmas da indústria, como a produção em massa. Esta tecnologia consiste na transposição de modelos digitais tridimensionais em objetos físicos e se populariza graças a comunidades virtuais que compartilham informações ativamente. Para os artistas, a impressão 3D tornou-se um celeiro de experimentações, tanto para os que já trabalhavam com os meios digitais e desejavam materializar suas criações, quanto para aqueles que se lançaram a explorar novos caminhos através da possibilidade de diálogo entre o digital e físico. São diversos trabalhos de arte que podem demonstrar certo otimismo sobre o suposto poder revolucionário desta nova tecnologia ou discutir as implicações de possíveis usos dentro da sociedade.

Neste contexto, a presente pesquisa discorre sobre as propostas de alguns destes trabalhos e apresenta o projeto de arte “Deliberator”, uma reflexão poética sobre o surgimento das wiki-weapons, um uso não esperado da impressão 3D.

Palavras-chave: arte e tecnologia, impressão 3D, fabricação digital, redes colaborativas.

ABSTRACT

The emergence of a new production technology, the 3D printing, has been considered by enthusiasts as a "New Industrial Revolution" for confronting the industry paradigms, such as mass production. This technology consists in the transposition of three-dimensional digital models into physical objects and becomes popular thanks to virtual communities that actively share information. 3D printing has become a hotbed of experimentation for artists, both for those who were already working with digital media and wanted to materialize their creations, and for those who set out to explore new paths through the possibility of dialogue between digital and physical. Many works of art can demonstrate some optimism about the supposed revolutionary power of this new technology, or discuss the implications of its possible uses in society.

In this context, this research considers the proposals of some of those works of art, and presents the art project "Deliberator": a poetic reflection on the emergence of wiki-weapons, an unexpected use for 3D printing.

Keywords: art and technology, 3D printing, digital fabrication, collaborative networks.

INTRODUÇÃO

“Você já baixou um automóvel hoje?” parece uma questão inverossímil. A ação de “baixar” neste caso significa obter uma cópia de arquivo hospedado em um site, ou fazer um *download*, como seria dito na linguagem própria da informática. O aparente absurdo da indagação se encontra na conjunção entre o automóvel, máquina dotada de uma grande e complexa estrutura material com a virtualidade de um arquivo processado por um computador. No entanto ela revela um antigo desejo humano, o poder mágico de materialização, de tornar uma ideia, necessidade ou vontade em algo físico.

É muito antigo o desejo humano de materializar coisas, desejo refletido em crenças e práticas. Na Antiguidade, algumas civilizações sepultavam tesouros junto aos mortos na esperança que estes pudessem ser transferidos para outro plano que julgavam existir. Os mais conhecidos exemplos desta prática encontram-se na infinidade de objetos coletados das pirâmides egípcias e os diversos artigos pertencentes a antigas dinastias chinesas, onde as famosas esculturas dos “Guerreiros de Xian” formam uma expressiva descoberta da crença desta civilização. Em outro contexto, as narrações bíblicas contam uma série de histórias sobre a materialização de alimentos, objetos e até mesmo seres vivos a partir de uma vontade divina, que, conforme o humor benevolente ou enfurecido, variava de uma chuva de pães no deserto para um povo faminto a uma chuva de cobras sobre seus desafetos ou seguidores desobedientes. Na cultura ocidental, esta crença em materializações a partir da vontade divina continuou durante a Idade Média, sendo então representada através dos milagres de santos cristãos.

Ainda no ocidente, a retomada dos estudos de fenômenos pelo viés da ciência, após séculos de contenção medieval, tentou confrontar as crenças que alimentavam o desejo pela materialização inexplicável, apresentando teorias e leis contestatórias. Sob esta ótica, cabe-se mencionar o “princípio da conservação de massas”, criada no século XVIII pelo químico francês Antoine Lavoisier, onde ele observa que massas permanecem equivalentes entre os elementos iniciais e os resultantes de uma reação

química, cunhando a famosa frase “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. Porém mesmo o desenvolvimento da ciência não eliminou totalmente o desejo pelas materializações, que continuaram existindo nos rituais religiosos, vagando pelas mãos dos ilusionistas e povoando as lendas e as histórias de ficção científica. Até hoje são mantidas práticas e crenças que estimulam este imaginário.

Neste momento, estaríamos mais próximos de presenciar estas aspirações de nossos antepassados por um viés mais plausível? Não mais considerando o caráter mágico das crenças e da imaginação, mas associando novas tecnologias capazes de revolucionar paradigmas então consolidados com outras das quais já usufruímos e a integração maior de conhecimento entre indivíduos interessados em um desenvolvimento coletivo e acessível dessas tecnologias, retomamos a questão inicial desta introdução, onde é proposta a materialização de um carro após seu *download* de uma rede virtual. A diferença é que esta materialização já não será mais inexplicável do ponto de vista do conhecimento, nem é fruto de ilusionismo ou ação divina.

Mesmo não considerando mais os aspectos mágicos ou religiosos e confiando na capacidade da tecnologia atual, as pautas vorazes dos noticiários anunciam a materialização de coisas com intuito de gerar perplexidade em seu público, alimentando o imaginário herdado dos antepassados. A admiração está presente em cada anúncio de coisas inacreditavelmente materializadas, seja um carro, uma mão robótica ou uma traqueia humana.

O download do carro, da mão robótica ou da traqueia dependem da integração entre virtual e material: entre bytes e átomos, duas conquistas do conhecimento científico atual. Bytes e átomos são conceitos para unidades de medida atribuídas respectivamente a dois universos distintos: enquanto os bytes quantificam conceitualmente o universo digital, os átomos alicerçam o mundo físico. A transição dos bytes aos átomos, ou seja, do universo digital para o físico, é a metáfora preferida dos entusiastas de uma nova tecnologia de produção criada para transpor modelos digitais em objetos físicos: a impressão 3D.

A impressão 3D é o tema da presente pesquisa de caráter teórico-prático. Seu motor inicial foi a percepção de seu potencial transformador para a sociedade e experimental para os artistas que se aventuraram a explorá-la. À medida que foram surgindo novos usos e situações proporcionadas por seu exponencial desenvolvimento, também apareceram questões sobre suas implicações.

Chama-se de impressão 3D um tipo de fabricação a partir de modelos digitais enviados para impressoras capazes de construir objetos por meio de um processo de sobreposição de consecutivas camadas de material, normalmente de filamento plástico. Ela nasce dentro dos domínios da indústria, inicialmente voltada para produzir protótipos com custo menor e maior precisão. Logo foram atribuídos novos usos para essas impressoras, que passaram a fabricar não somente protótipos, mas os próprios objetos finais. Isto abriu caminho para novas experimentações dentro do processo, inclusive dos artistas. A impressão 3D também não tardou a ultrapassar os limites das fábricas e espalhar-se por meio de projetos de impressoras sem patentes, abertas para modificações e disponíveis na internet, sendo aprimoradas por pessoas fora do sistema industrial que colaboram entre si visando desenvolver esta máquina para uso livre e criativo.

A partir destas constatações esta pesquisa busca discutir as potencialidades e implicações deste novo universo que se coloca irreversivelmente em nosso cotidiano, percorrendo sobre a impressão 3D na perspectiva da produção artística, trazendo reflexões a respeito de experimentações e trabalhos que exploram diversos aspectos deste processo. A impressão 3D é vista em notícias e análises de especialistas como uma nova revolução industrial, por desafiar paradigmas tradicionais da indústria, como a fragmentação da produção e a massificação, com uma produção mais personalizada e em menor escala. Para compreender este novo universo se fez necessário buscar referências em outras circunstâncias onde também houve significativas mudanças protagonizadas por tecnologias. Sobre as considerações mais gerais utilizaram-se as premissas de McLuhan a respeito dos efeitos sociais da tecnologia na vida das pessoas. Embora McLuhan se refira à TV, sua preocupação ao pensar nas implicações daquele meio pode ser transposta para a discussão sobre esta nova tecnologia de produção. A pesquisa encontra-se na linha de processos e procedimentos artísticos, cuja metodologia encontra-se no desenvolvimento do trabalho teórico, com análise da literatura existente

sobre os temas relacionados e desenvolvimento de projeto de obra poética em laboratórios de fabricação digital, buscando o diálogo da prática com a reflexão conceitual simultaneamente. Trabalhar neste tipo de laboratório foi essencial para a pesquisa por permitir vivenciar as práticas do universo da impressão 3D, processos que serão abordados ao longo da dissertação.

Esta pesquisa está organizada em três capítulos. No primeiro capítulo, “A impressão 3D”, iremos abordar o que é a impressão 3D, como ela se origina e se espalha para o ambiente além da indústria e da produção profissional em busca de ocupar o espaço doméstico e o cotidiano das pessoas. No segundo capítulo, “Impressão 3D e produções artísticas”, veremos os trabalhos de arte que fazem uso desta tecnologia, seja para materializar produções digitais, seja para discutir questões que surgiram com a impressão 3D. No terceiro capítulo, “Deliberator: projeto artístico sobre o universo da impressão 3D”, apresentaremos um projeto desenvolvido por Soraya Braz e Fabio FON que propõe, por um viés poético, reflexões sobre as *wiki-weapons*, um uso inesperado desta nova tecnologia e que causou polêmica recentemente.

CAPÍTULO 1

A impressão 3D

O ato de produzir coisas não é algo novo. Sempre esteve presente na história da humanidade a vontade de inventar, construir, copiar uma infinidade de objetos, necessários ou não, para sua sobrevivência. Apesar da capacidade humana em criar e (re)produzir, o surgimento da indústria no século XIX modificou as relações de produção entre homem e objeto, em diversos aspectos da vida. Assim, desde muito tempo, os artistas vêm discutindo as influências da produção industrial, tanto do ponto de vista das novas possibilidades de construção poética quanto pensando nas implicações de novas situações na vida cotidiana. Neste sentido, já no século XXI, a introdução da tecnologia digital trouxe maior complexidade para estas relações. Dentre as novas possibilidades de produção aparece a impressão 3D, que será apresentada neste capítulo.

1.1. A indústria e os artistas

Na História da Arte, um dos movimentos artísticos mais relacionados com o universo da indústria é o Futurismo, que surgiu nas primeiras décadas do século XX. Capitaneados por Phillippo Marinetti, os futuristas acreditavam que o mundo moderno composto por máquinas, eletricidade e indústrias seria capaz de livrar-nos da “opressão do passado e do tradicionalismo cultural”¹. Muitas obras realizadas por artistas adeptos do Futurismo

¹ Futurismo. *Enciclopédia Itaú Cultural Artes Visuais*. Disponível em: http://www.itaucultural.org.br/aplicexternas/enciclopedia_ic/index.cfm?fuseaction=termos_texto&cd_verbete=358 Acesso em 09 de junho de 2012.

sugerem movimento e velocidade como valores plásticos, indicativos de uma percepção alterada pelo universo das máquinas, sobretudo na representação do tempo. Conforme Rosalind Krauss “a velocidade converteu-se numa metáfora da progressão temporal tornada explícita e visível” (1998, p. 51). A partir de 1912, pouco depois da eclosão futurista, Marcel Duchamp, em sintonia com o espírito dadaísta de contestação ao sistema de arte vigente, realiza os provocativos *ready-mades*, apropriações de produtos industrializados, utensílios de natureza banal colhidos do cotidiano e implantados dentro do sistema de arte. Ele os assinava e colocava no espaço expositivo, propondo assim um novo e intrincado jogo de valores, envolvendo não só a legitimação do objeto de arte como também a separação da prática artística do ato de feitura manual da obra, pois afinal, os objetos já haviam sido produzidos. Deste período são algumas das obras mais emblemáticas do artista: “Roda de bicicleta”, 1913, “Suporte de garrafas”, 1914, “Em antecipação ao braço partido”, 1915 e “Fonte”, 1917.

Mais adiante, a *Minimal Art* na década de 60 obtém suas discussões sobre formas elementares valendo-se de experimentações artísticas com materiais industrializados, como ferro, aço, vidro ou acrílico. A intensa busca pela simplicidade, neutralidade e singularidade das formas reduz ou mesmo elimina o contato do artista na feitura da obra, com peças produzidas em fábricas. A *Minimal Art* concretizou a assimilação da produção industrial preconizada pelas vanguardas anteriores, explorando as novas possibilidades poéticas disponibilizadas pelo sistema industrial, já consolidado naquele período. Desafiando o olhar dos críticos em busca de materiais nobres e do gesto do artista, o artista Dan Flavin impõe suas instalações com lâmpadas fluorescentes, lançando mão de estruturas matemáticas para alcançar a conjunção entre os elementos e novas relações com o espaço.

Já na produção artística mais recente, em 1993, Gabriel Orozco exhibe na França a obra *La DS*, a qual alguns especialistas atribuem influências provenientes da *Minimal Art*, mas que também discute algumas questões sobre implicações da produção industrial na vida cotidiana. Trata-se de um automóvel, modelo *Citroën DS* 1960, que foi modificado pelo artista. Orozco seccionou o carro em três partes, retirando a parte central e o motor, para depois unir cuidadosamente as laterais restantes. O resultado é um novo modelo funcionalmente inerte, mas que preserva as linhas futurísticas das laterais, fornecendo

ao carro um semblante veloz e agressivo. Internamente, há espaço para apenas duas pessoas, o motorista e o passageiro. As alterações realizadas por Orozco contrapõem as expectativas que o projeto original do *Citroën DS* possuía: ser um carro acolhedor e elegante destinado a famílias da classe média francesa, em plena recuperação econômica após a Segunda Guerra. *La DS* sugere o distanciamento da ingenuidade inicial do projeto para revê-lo sob olhar crítico dos problemas contemporâneos mediados pelo consumo e o individualismo. Além disso, há que se observar que o carro é um significativo produto do sistema de produção industrial, sendo uma figura emblemática que associa progresso e desenvolvimento da sociedade à sua fabricação. Desta maneira Orozco também suscita às implicações das tecnologias de produção industrial em seu universo artístico.



Figura 1: *La DS* (1993), Gabriel Orozco.



Figura 2: Carro Citroën DS e ilustração sobre as alterações em *La DS* de Orozco.

1.2. Implicações da tecnologia

As palavras do conhecido pensador dos novos meios Marshall McLuhan, com o livro que foi originalmente publicado em 1964, em torno da ideia de que “o meio é a mensagem” permanecem recorrentes para pensarmos nas implicações da tecnologia no cotidiano das pessoas.

No trecho abaixo, o autor evidencia como duas formas de mobilidade – a estrada de ferro e o avião – implicaram diretamente em mudanças de “cadência” e “escala”, independentemente de quem ou daquilo que transportavam, ou seja, pouco importa o seu “conteúdo”. Ele afirma:

A “mensagem” de qualquer meio ou tecnologia é a mudança de escala, cadência ou padrão que esse meio ou tecnologia introduz nas coisas humanas. A estrada de ferro não introduziu movimento, transporte, roda ou caminhos na sociedade humana, mas acelerou e ampliou a escala das funções humanas anteriores, criando tipos de cidades, de trabalho e de lazer totalmente novos. Isso se deu

independentemente do fato da ferrovia estar operando numa região tropical ou setentrional, sem nenhuma relação com o frete ou conteúdo do veículo ferroviário. O avião, de outro lado, acelerando o ritmo de transporte, tende a dissolver a forma “ferroviária” da cidade, da política e das associações, independentemente da finalidade para a qual é utilizado (MCLUHAN, 1971, p. 22).

Na ocasião em que McLuhan escreveu o livro “Os meios de comunicação como extensões do homem” a tecnologia mais proeminente era a televisão. McLuhan entendia a televisão como uma tecnologia revolucionária, não só pelo seu caráter comunicativo, mas também pelas mudanças que desencadeava em várias esferas da vida. Ele, por exemplo, vislumbra a possibilidade de compras através de uma TV, ou seja, uma espécie de “videofone”, e assim o fim da necessidade de deslocar-se até uma loja (ibidem, p. 247). Mas McLuhan nos convida a pensar nas mudanças que as estruturas sofrem com as novas tecnologias, pois “em lugar de pensar em fazer compras pela televisão, seria melhor que tivéssemos consciência de que a intercomunicação televisionada significa o ‘fim das compras’ (...) tal como hoje conhecemos” (ibidem, p. 248).

Para o autor, a TV pôs em questão todos os pressupostos mecânicos sobre uniformidade e padronização. Por pressupostos mecânicos, podemos compreender a produção industrial massificada, como por exemplo, linhas de montagem que fabricam produtos em série que consumimos, tais como carros ou artigos que vão parar em gôndolas de supermercados.

As tecnologias de processos uniformes e repetitivos nascem com a impressão gráfica de Johannes Gutenberg (1450) e não se restringem ao consumo, mas se aplicam a todos os aspectos do trabalho e da vida (ibidem, p. 250). O autor nos faz pensar que as tecnologias mais recentes implicam produções menos padronizadas e mais personalizadas. Segundo ele:

A automatização pode produzir um carro ou um capote sob encomenda com menos confusão do que ao produzir os mesmos produtos padronizados. Mas o produto único não pode circular em

nosso mercado ou em nossos pontos de venda. Como resultado, estamos caminhando para um período dos mais revolucionários no setor da mercadologia.” (ibidem, p. 251).

O que McLuhan antevê através do advento da televisão começa a concretizar-se através de outros meios que surgem posteriormente. A princípio, as novas tecnologias de comunicação foram fundamentais para que as indústrias pudessem processar as demandas de seus clientes. Essas tecnologias também permitiram maior integração nos processos de produção e menores estoques. Entretanto, esta produção ainda está baseada numa relação em que a indústria detém a maior parte do controle sobre o produto, porque a produção está situada dentro dela, enquanto o cliente-consumidor possui controle menor.

Esta cadeia hierárquica contida nos processos de produção industrial não ocorre da mesma maneira dentro das redes digitais. As redes digitais caracterizam-se pela ausência de hierarquia e pela presença de contato mútuo em qualquer ponto. Estes são princípios contidos no conceito de Rizoma, desenvolvido por Gilles Deleuze e Felix Guattari (2000), que se inspira em modelos presentes na biologia para compreender fenômenos de conexão, heterogeneidade e multiplicidade. Através da Rede Mundial de Computadores, a Internet, é possível acessar e enviar conteúdos a qualquer parte do mundo que esteja conectada a esta rede. Este ambiente favorece a existência de comunidades virtuais de pessoas que compartilham interesses comuns. Sobre estas comunidades, define Pierre Levy:

Uma comunidade virtual é construída sobre as afinidades de interesses, de conhecimentos, sobre projetos mútuos, em um processo de cooperação ou de troca, tudo isso independentemente das proximidades geográficas e das filiações institucionais. (LEVY, 1999, p.127)

Há grupos, por exemplo, que desenvolvem programas para computador independentemente das grandes empresas, por conta própria. Muitas vezes estes softwares são distribuídos gratuitamente e permitem, a princípio, que qualquer pessoa

possa contribuir para seu aperfeiçoamento. Muitos desses programas são conhecidos como softwares livres.

Além disso, a rede passa a ser o espaço comum de todos os produtos que envolvem propriedade intelectual, como livros, filmes, revistas ou músicas, encontrados desde então fora de seus recipientes físicos como volumes em papel, páginas impressas, CDs ou DVDs. Essa nova condição muito mais fluida implica em discussões sobre disseminação, compartilhamento e consumo. John Perry Barlow, por exemplo, em seu famoso artigo “Vendendo vinho sem garrafas”, argumenta que a lei da propriedade intelectual foi desenvolvida para lidar com formas e meios de expressão físicos – os recipientes anteriormente citados – totalmente diferentes da imaterialidade de tudo o que foi convertido ao digital. Ele propõe que “temos que desenvolver um conjunto de regras inteiramente novo para esse inteiramente novo conjunto de circunstâncias” (BARLOW, 2000). As considerações de Barlow, do início dos anos 90 do século XX, tornam-se cada vez mais pertinentes ao observarmos as práticas de compartilhamento de arquivos na rede internet, em especial através de redes P2P que, sem hierarquias, fazem uso da capilaridade da própria rede para dispor conteúdos.

1.3. Surgimento da impressão 3D

Até pouco tempo, na rede transitavam apenas produtos digitais que eram consumidos através do próprio computador, como filmes e músicas, com exceção ao texto que pode ser eventualmente impresso. Porém, uma inovadora tecnologia provocou uma nova e intrigante situação: o que aconteceria se tivéssemos agora também a possibilidade de compartilhar objetos físicos, através de arquivos de modelos para a produção destes objetos? Além de textos, imagens, vídeos e sons, alguns espaços de compartilhamento na internet² incluíram uma nova categoria em suas listas: trata-se dos arquivos com modelos digitais de objetos tridimensionais para serem transformados em peças físicas através de máquinas que atuam como impressoras capazes de transferir um modelo digital para o mundo físico. Assim como a impressora a jato de tinta imprime textos e

² Em 2011, o site *The Pirate Bay* incluiu a categoria *physibles* em suas pesquisas para abrigar os arquivos que continham modelos de objetos para impressoras 3D.

imagens, a impressora 3D – assim denominada por seus usuários – sobrepõe camadas de material sucessivamente até formar um objeto tridimensional.

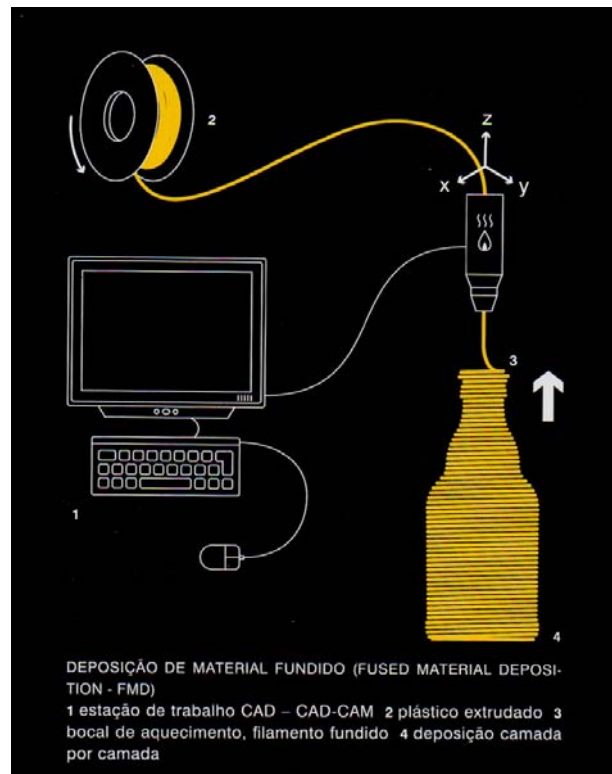


Figura 3: diagrama sobre o processo de impressão 3D.

Popularmente conhecida como impressão 3D, pois assim aparece em diversos meios de divulgação, como jornais e noticiários televisivos, a manufatura aditiva é o termo técnico desta tecnologia de produção que está inserida no conjunto das diversas tecnologias de fabricação digital. Proveniente das áreas de arquitetura e engenharia, cuja finalidade inicial era a criação de maquetes e protótipos industriais, a fabricação digital consiste na produção de objetos físicos a partir de modelos digitais. Tais tecnologias caracterizam-se pelo uso de máquinas com tecnologia robótica, capazes de executar tarefas mais complexas do que outras máquinas de tecnologia mecânica e construir os objetos projetados em programas de desenho técnico ou modelagem tridimensional digital. No presente trabalho, para fins de referência a esta tecnologia, será empregado o termo mais popular “impressão 3D”.

Não se trata necessariamente de um processo recém-criado: há mais de vinte anos surgiram as primeiras máquinas capazes de converter projetos digitais em peças tridimensionais. Porém, a tecnologia ainda era cara e restrita para uso em indústrias como a automobilística e arquitetônica, por exemplo. Há alguns anos a medicina aplica esta tecnologia na produção de próteses, tecidos humanos e partes cartilaginosas do corpo, como traqueias. No momento estuda-se a possibilidade de fabricação de outras partes do corpo, como órgãos e membros.

No campo da arquitetura, utiliza-se a impressão 3D para a construção de estruturas complexas, quase impossíveis de serem obtidas pelos métodos de construção mais tradicionais. É uma das áreas que desenvolve há mais tempo projetos com a fabricação digital e a impressão 3D e possui mais produtos desenvolvidos. Entre alguns exemplos de construções que envolvem estas tecnologias estão o Museu Guggenheim de Bilbao, construído na Espanha em 1997 e o arranha-céu Swiss Re Tower em Londres, feito em 2004. Um projeto no qual a impressão 3D tem sido fundamental para seu desenvolvimento é a conclusão da Basílica da Sagrada Família em Barcelona. O arquiteto Antoni Gaudí projetou a basílica de modo não convencional para a época. Ao invés de fazer seus cálculos apenas através de desenhos técnicos, ele preferiu visualizar suas soluções arquitetônicas de modo tridimensional através de maquetes construídas com auxílio de escultores e modeladores. E seus desenhos não são suficientes para vislumbrar a totalidade da obra e a complexidade de superfícies e formas. Após sua morte, em 1926 e por ocasião da Guerra Civil Espanhola, muito se perdeu de seus desenhos e maquetes. Com o que restou deu-se continuidade à construção, retomada em 1954 e, no início da década de 90, ocorre a introdução da fabricação digital como novo recurso no canteiro de obras da basílica. Em seguida, o uso da impressão 3D permitiu aos arquitetos contemporâneos reproduzir o processo criativo tridimensional de Gaudí, construindo novamente maquetes para avaliação estrutural da Sagrada Família e abarcar sua complexidade.

Outra aplicação ainda em estudo é o projeto Contour Crafting³, do professor Behrokh Khoshnevis da Universidade do Sudeste da Califórnia. Ele pesquisa a construção de

³ Disponível em <http://www.contourcrafting.org/>

casas e prédios através de uma impressora 3D gigante capaz de sobrepor camadas de concreto e “imprimir” uma casa completa, inclusive com as respectivas partes designadas para instalações hidráulicas e elétricas construídas. O projeto também prevê utilização mínima de mão de obra humana. Contour Crafting ainda está em fase de estudos, mas já abre questões sobre os impactos econômicos e sociais desta nova tecnologia de construção que, por um lado reduziria bastante os custos de uma obra e os acidentes de trabalho, mas por outro também geraria grande desemprego nesta área.

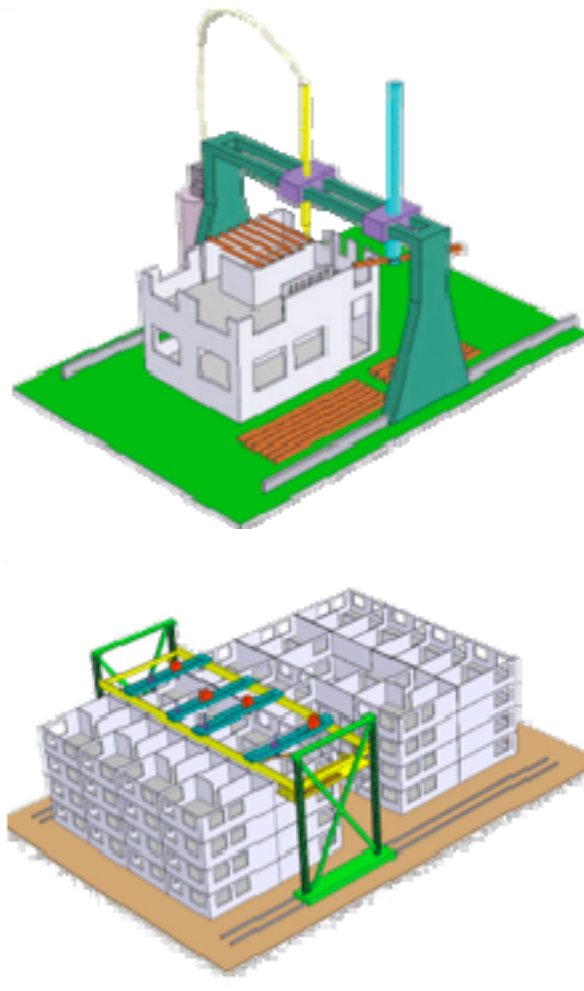


Figura 4: Projeto Contour Crafting.

Algumas pesquisas vislumbram aproximar-se mais do público comum. No campo automobilístico, um grupo de especialistas sediado no Canadá, envolvendo pesquisadores de diferentes áreas, como engenharia mecânica, design industrial, ciência

da computação e marketing, desenvolveu o projeto de um carro quase totalmente produzido por fabricação digital, o Urbee⁴. A intenção de seus idealizadores é que ele seja um carro mais econômico e ecológico desde sua produção, pois dispensará a tradicional linha de montagem, bem como acessível sua fabricação por qualquer pessoa.



Figura 5: Protótipo para o projeto Urbee.

Mas, para que aconteçam produções deste tipo fora das fábricas é necessário antes desenvolver máquinas capazes de produzir em casa, sem depender da estrutura industrial. Surgem então os primeiros esforços para levar a impressão 3D para o ambiente doméstico.

1.4. Impressoras livres e comunidades colaborativas

A queda da patente das primeiras impressoras impulsionou alguns centros de pesquisa em tecnologia situados em universidades a desenvolver máquinas de baixo custo para

⁴ Urbee. Disponível em: <http://www.urbee.net/>

uso doméstico. O projeto pioneiro nesta linha é o da impressora *RepRap*, criada pelo professor Adrian Bowyer e sua equipe na Universidade de Bath, Reino Unido. *RepRap* é uma impressora 3D de baixo custo e pode ser auto replicável, ou seja, uma impressora que fabrica quase todas as peças plásticas para outra impressora equivalente. Outra característica importante sobre este projeto é o fato de ser um hardware livre⁵ e permanecer desde seu lançamento em 2004 numa plataforma wiki⁶ para ser desenvolvida em conjunto com outros colaboradores de várias partes do mundo. Isto permitiu o surgimento de novas versões de impressoras baseadas na *RepRap*, e uma série de aprimoramentos e experimentações sobre usos e materiais. Por exemplo, embora o material mais utilizado para a impressão de objetos seja o plástico, há outras experimentações que empregam o uso de outros materiais modeláveis como a argila e até mesmo o chocolate.

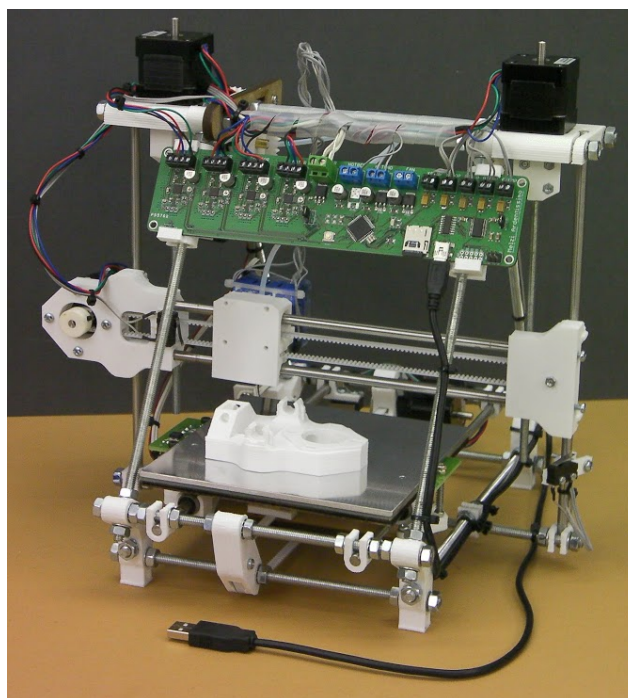


Figura 6: Impressora Reprap.

⁵ Hardware livre são dispositivos ou máquinas livres de licenças fechadas ou patentes que impeçam sua cópia ou modificação. Seu conceito é parecido com o do software livre.

⁶ Plataforma wiki é um sistema disponível na internet onde é permitida a construção de conteúdo de forma livre e coletiva por um grupo de autores.

A pioneira *RepRap* tornou-se matriz para o desenvolvimento de outras impressoras. As derivadas mais famosas e bem sucedidas são as impressoras da MakerBot Industries, empresa fundada em 2009 e sediada em Nova Iorque, nos Estados Unidos. Um de seus fundadores, Zach Smith, participou da elaboração da *RepRap* e posteriormente obteve apoio do próprio idealizador da máquina, o professor Adrian Bowyer, para lançar sua máquina. Partindo do conceito livre e colaborativo da precursora *RepRap*, as impressoras da MakerBot foram inicialmente comercializadas em kits para serem montadas e customizadas por seus primeiros usuários, em grande parte curiosos com conhecimentos de eletrônica. Mais adiante, quando a prática da impressão 3D já estava mais consolidada para outros interessados sem tanto conhecimento de eletrônica, a empresa passou a fabricar máquinas montadas e sem possibilidade de modificações.



Figura 7: Impressora da MakerBot Industries.

Um dos fatores que contribuiu para a popularização da impressão 3D para além dos hobbistas⁷ foi a crescente difusão de arquivos com modelos digitais na rede. Se já

⁷ Denominação informal dada às pessoas que se dedicam a tarefas por hobby. Neste caso, refere-se aos interessados em eletrônica e robótica.

havia os citados sites de compartilhamento, como o *The Pirate Bay*, onde o usuário encontra modelos digitais, música, vídeos e uma gama diversa de arquivos compartilháveis, surgem também sites para abrigar exclusivamente arquivos próprios para impressão 3D. São sites que, além do compartilhamento modelos digitais, propiciam um ambiente de comunidade virtual onde seus usuários trocam experiências sobre o processo de fabricação, remodelam ou re combinam projetos existentes, divulgam informações e técnicas, criam e desenvolvem projetos em grupo. O principal site desta categoria é o *Thingiverse*, criado pela MakerBot.

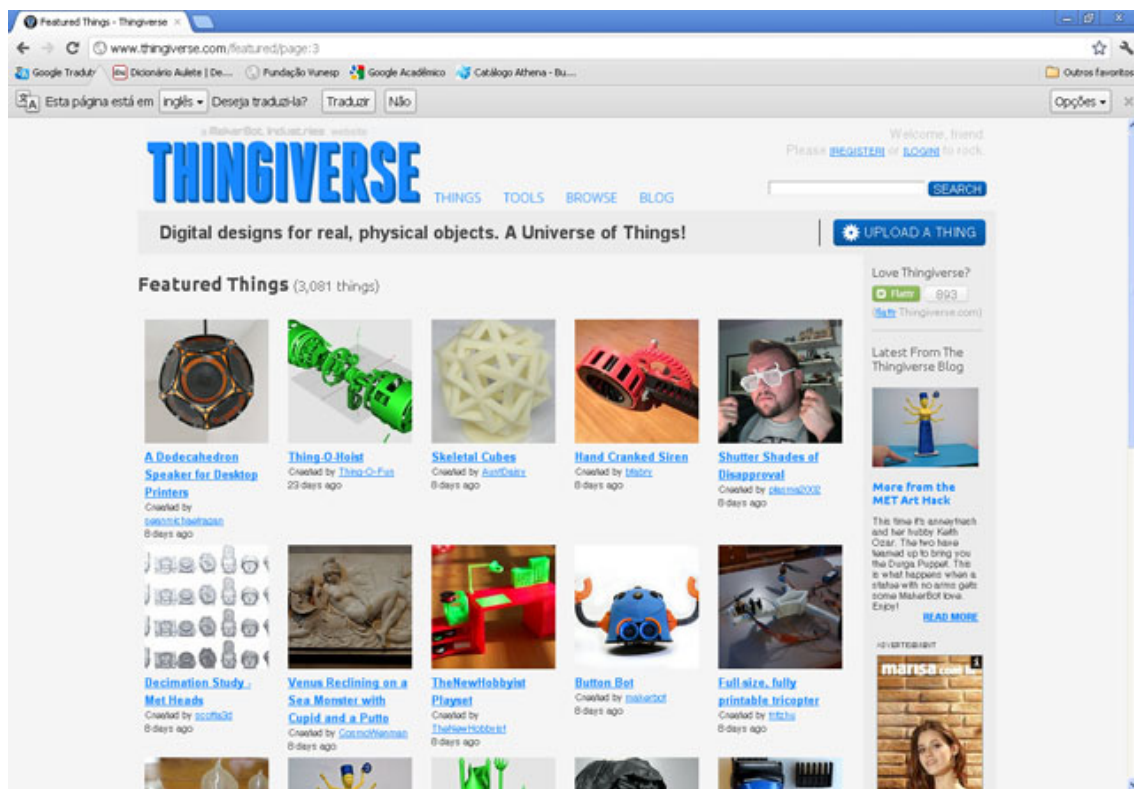


Figura 8: Página inicial do site *Thingiverse* em junho de 2012.

Há uma imensa variedade de modelos digitais disponíveis neste site, pois seus usuários realizam toda sorte de projetos. De objetos decorativos a acessórios de moda, de peças para construir robôs a equações matemáticas tridimensionalizadas, passando por estátuas copiadas por meio de fotografias a miniaturas de personagens fictícios modeladas em 3D. Qualquer um deles pode ser baixado do site para um computador e fabricado em impressoras 3D. Para animar a atividade dos usuários, regularmente o site propõe desafios com temas específicos, como enviar projetos de uma casa para

pássaros, enfeites de natal ou até pensar em uma hipotética base extraterrena para habitar em Marte.

Apesar da aparente banalidade de muitos projetos deste repositório, há um que se destaca por seu caráter humanitário. Robohand é uma prótese específica para pessoas que não possuem os dedos das mãos e totalmente fabricável em impressoras 3D. Foi criada para crianças que já nascem com esta deficiência, em um grupo formado por pessoas de vários países liderado por Richard van As, um marceneiro sul-africano que perdeu os dedos da mão direita em um acidente de trabalho. O projeto recebeu apoio da empresa MakerBot, que doou impressoras para os idealizadores desenvolverem a pesquisa da prótese. Em contrapartida, os autores disponibilizaram no site *Thingiverse* todos os arquivos gratuitamente para fabricação da Robohand, com a possibilidade de serem modificados e adaptados. Este projeto representa uma das benesses esperadas pelos entusiastas da impressão 3D: criar meios para as pessoas resolverem problemas onde é necessário customizar a fabricação, sem depender da produção industrial massificada e, se possível, trabalhando em comunidade e difundindo o conhecimento adquirido.



Figura 9: Próteses do projeto Robohand.

O trabalho em redes colaborativas ganhou uma nova dimensão a partir do surgimento dos *Fab Labs*, ou laboratórios de fabricação digital, que oferecem melhor estrutura para a solução de questões técnicas. *Fab Lab*, abreviação de *Fabrication Laboratory*, é um conceito criado pelo professor do MIT Neil Gershenfeld para designar laboratórios onde

são empregadas práticas por ele denominadas como “ fabricação pessoal” em máquinas⁸ que associam tecnologia digital e robótica operadas por pessoas comuns no intuito de solucionar questões de produção, customização e construção de objetos ou peças para diversos fins. É também um ambiente de aprendizagem, onde aquele que sabe produzir alguma coisa neste espaço ensina ou colabora no fazer do outro, dividindo o conhecimento. À medida que foram surgindo laboratórios com estas máquinas, independentes ou situados em instituições, Gershenfeld difundiu o conceito dos *Fab Labs* pelo mundo até formar uma ampla rede espalhada por quase todos os países. Acredita-se que estes espaços podem ser um diferencial em locais remotos onde não há recursos, acesso a ferramentas e produtos para diversas finalidades, como um país em guerra ou uma base espacial.

1.5. Limitações atuais da tecnologia

Ter em casa uma máquina capaz de fabricar qualquer coisa pode parecer um delírio hoje. Isto porque, apesar dos progressos apresentados e de potenciais avanços, esta tecnologia ainda possui limitações. Nick Allen, fundador da empresa de fabricação digital *3D Print UK*, escreveu no artigo “Why 3D printing is overhyped (I should know, I do it for a living)”, os principais problemas que vivencia em sua rotina enquanto usuário desta tecnologia. Ele acredita que a impressão 3D doméstica é superestimada, pois seu desenvolvimento ainda não acompanhou tanto o progresso que é noticiado em canais de informação. Segundo Allen, estas são algumas das principais questões que ainda não estão bem desenvolvidas nesta tecnologia:

- a. Embora o custo seja válido para objetos muito específicos e difíceis de obter através da indústria, para outros este custo ainda é elevado. Não compensa financeiramente imprimir um copo que vai custar cinquenta vezes o preço do equivalente fabricado pelo processo industrial;

⁸ São máquinas para cortar, como as cortadoras à laser, plasma ou jato de água; subtrair material, como a fresadora CNC para objetos de grande e médio porte ou a *milling*, que é uma versão da fresadora para produção com precisão de placas de circuitos eletrônicos; e adicionar material, que é o caso das impressoras 3D.

- b. A aparência de plástico persiste na maioria dos objetos fabricados, pois este ainda é o principal material utilizado para impressão. Além disso, boa parte deles sofre algum tipo de deformação. Há muitos fatores que contribuem para este resultado, como diferenças na temperatura ou pressão do ar, umidade do ambiente, qualidade do material plástico usado para impressão, calibração inadequada da impressora, entre outras diversas razões;
- c. Outro problema resultante do uso de plástico na fabricação é a fragilidade das peças em relação às produzidas por outras técnicas ou tecnologias;
- d. A produção ainda é demasiada lenta em relação à produção convencional.
- e. Para desenhar um modelo digital tridimensional é necessário conhecer ou aprender a usar programas complexos, como os de tecnologia CAD⁹;
- f. Nem todos os modelos digitais disponíveis para download em repositórios ou sites de compartilhamento são fabricáveis, pois podem conter erros de desenho ou modelagem;
- g. O outro meio de obter modelos digitais é o escaneamento tridimensional, feito com máquinas que detectam e fazem a leitura da superfície dos objetos. Porém, as de uso doméstico ainda não possuem acuidade suficiente para copiar o objeto de origem com perfeição, deixando ruídos no modelo digital;

Nick Allen acredita que esta tecnologia terá muito crescimento em áreas específicas, como aeronáutica, arquitetura, medicina, mas não está convencido ainda de que ela tenha futuro dentro do ambiente doméstico, embora torça para estar enganado e que a revolução dentro das casas proporcionada pela impressão 3D aconteça. Evidentemente, estas limitações nas impressoras 3D atuais tendem a ser aprimoradas ao longo do tempo se a evolução desta tecnologia seguir a mesma trajetória de outras, como os computadores e os telefones celulares.

Apesar das colocações sobre suas limitações, a impressão 3D é ainda entendida como uma “Nova Revolução Industrial” (CAETANO, 2011), visto que possui um potencial de transformações que envolvem mudanças na escala industrial, alterando o paradigma de

⁹ Sigla de Computer-Aided Design, ou seja, desenho auxiliado por computador.

produção massificada ainda dominante hoje. Em contraposição aos processos já existentes de fabricação digital, percebe-se uma situação onde essa tecnologia disseminada pela rede e inserida no contexto das práticas do “faça você mesmo” possibilita o surgimento de uma série de novos produtos até então inacessíveis ou inexistentes, já que o poder de produção passa para o domínio do então consumidor. Em potência, há a possibilidade de que essa nova tecnologia desafie as estruturas de produção industrial existentes hoje, gerando novas relações de consumo e estas, por sua vez, afetando diversas áreas da vida. As premissas de McLuhan sobre as mudanças que um novo meio introduz nas coisas humanas servem de motivação para discutirmos as implicações desta nova condição. Neste contexto, sabemos que as investigações artísticas sempre foram sensíveis às tecnologias de seu tempo (MACHADO, 2004), seja apropriando-se delas, subvertendo-as ou discutindo suas potencialidades e implicações. A impressão 3D seria mais uma oportunidade de inserirmos discussões estéticas e poéticas em um novo meio.

CAPÍTULO 2

Impressão 3D e produções artísticas

Não demorou muito para que os artistas se interessassem em explorar a tecnologia de impressão 3D. Ela tornou-se uma solução interessante para materializar trabalhos produzidos no espaço digital, assim como sua prática levantou algumas questões e possibilidades de experimentações. Muitos trabalhos se baseiam na transposição do digital para o material, o que aparentemente é sua principal finalidade. Mas há também outras incursões de artistas que pensam o processo de impressão 3D para além da reprodução de objetos, considerando potencialidades e implicações. Neste capítulo, vamos conhecer diferentes usos desta tecnologia nas produções artísticas.

2.1. Transposições: materializando criações digitais

Algumas incursões de artistas diante do processo de impressão 3D pensam esta tecnologia para além da reprodução de objetos funcionais. Em um primeiro momento podemos observar artistas que já trabalham formas em programas computacionais realizando experimentações com a impressão 3D. O artista norueguês Marius Watz utiliza softwares como meio estético desde o início da década de 90, criando formas orgânicas a partir de sistemas generativos digitais. Watz realizou alguns estudos transpondo suas criações digitais para o plano físico, como em *Object # 1-3*¹⁰, 2007, uma forma esférica complexa feita a partir de um modelo generativo construído em *Processing*, uma linguagem de programação livre e ferramenta gratuita que possibilita aos artistas criar formas computacionais. Outra artista que atua de modo semelhante, Claudia Hart produziu várias animações e imagens em programas de modelagem 3D.

¹⁰ Marius Watz, *Object # 1-3*. Disponível em <<http://mariuswatz.com/2007/12/17/object-1-3/>>.

Para a série *Mortifications* ¹¹, 2007-2010, produziu nus femininos digitalmente deformados e impressos em material plástico.



Figura 10: Marius Watz, Object #1-3, 2007.



Figura 11: Claudia Hart, *Mortifications*, 2007-2010.

¹¹ Cláudia Hart, *Mortifications*. Disponível em < <http://www.claudiahart.com/portfolio/silent.html>>. Acesso em 07/09/2012.

Por volta da década de noventa, nos primórdios do uso da impressão 3D, a artista alemã Karin Sander produziu alguns dos primeiros trabalhos com esta tecnologia a partir de um assunto clássico do universo da arte: o retrato, tema próprio das artes visuais e tradicionalmente abordado em linguagens como a pintura, a fotografia e a escultura. Inicialmente ela fez uso do próprio corpo como modelo para a primeira peça intitulada *Karin Sander 1:10*, 1997, onde 1:10 é a escala utilizada para redução de sua representação impressa em 3D. Este autorretrato tridimensional pertence atualmente ao acervo do MoMa, em Nova Iorque.



Figura 12: Karin Sander, *1:10*, 1997. Imagem da artista com sua miniatura.

Para obter os retratos, ela desenvolveu, com auxílio de uma empresa, um método para digitalizar o corpo inteiro de pessoas por meio de um poderoso escâner a laser, que constrói a imagem do modelo através de um processo fotográfico tridimensional originalmente desenvolvido para a indústria da moda. O processo de registro da imagem através do escâner é semelhante ao de captação de imagem fotográfica digital, e a combinação de imagens em vários ângulos forma o resultado tridimensional que será impresso. Em seguida, os arquivos digitais gerados pelo escâner foram enviados a uma impressora 3D que imprime peças em plástico, obtendo por fim uma versão miniatura e bem detalhada da pessoa digitalizada.



Figura 13: Imagem digitalizada de corpo para o trabalho *People 1:10*, 1998-2001.



Figura 14: *People 1:10*, 1998-2001.

Mais adiante, ela produziu entre 1998 a 2001 o trabalho *People 1:10*, no qual ela convidou diversas pessoas a realizar a mesma experiência, ou seja, replicar-se em miniaturas de plástico. A perfeição da cópia em relação à sua origem obtida pela

qualidade do escaneamento e da impressão 3D resultou em uma mini população de plástico que nos remete a histórias fantásticas, como a dos habitantes de *Liliput* em “As viagens de Gulliver”. A figura conserva muitos detalhes da aparência física e do instante em que a pessoa foi registrada, causando a sensação de serem transpostas diretamente do mundo real. Estes retratos possuem uma diferença em relação aos trabalhos apresentados até aqui: não se trata da materialização de um modelo criado a partir de um programa de computador, mas a transposição a partir de uma origem física – um corpo humano – para um objeto físico.



Figura 15: *People 1:10*, 1998-2001.

No trabalho seguinte, *1:9,6*, 2002, a artista propõe uma nova experiência, inserindo o processo de fabricação dos retratos dentro da exposição. Durante a primavera de 2002, convidou os visitantes da Staatsgalerie Stuttgart a contribuírem com a obra que compunha a exposição. Pela quantia de oitenta euros, o visitante poderia posar e obter uma réplica de si mesmo na escala de 1:9,6 e sua miniatura em gesso era disposta para exibição como obra de arte. Ao término da exposição, as pequenas esculturas foram incorporadas à coleção permanente do museu que abrange obras desde a Idade Média até o presente. Cada miniatura foi numerada como uma escultura única e batizada com o nome da pessoa retratada. E o visitante adquiriu uma identificação como doador do museu, recebendo em troca um certificado assinado pela artista com a imagem da peça doada.

Karin Sander propõe um jogo poético entre público e arte. Ao inserir este público dentro do espaço reservado ao objeto de arte na instituição, incluindo as exigências burocráticas de praxe deste espaço, como catalogação e numeração, ela modifica o papel tradicional do visitante dentro do sistema museológico, tornando-o ao mesmo tempo público e acervo.



Figura 16: Produção de 1:9,6, 2002.



Figura 17: 1:9,6 (2002) de Karin Sander.

O pesquisador e designer Greg J. Smith, em seu artigo “Means of Production: Fabbing and Digital Art” (2009) discorre sobre o interesse de artistas na fabricação digital (ou fabbing, termo recorrente entre os usuários da tecnologia e adotado pelo autor neste artigo). Ele argumenta que aqueles que trabalham os algoritmos como meio de expressão certamente serão cativados pela possibilidade de expandir suas criações para o espaço físico e também discorda de críticas de que esta nova tecnologia seria utilizada apenas como uma “técnica embelezadora” tal como programas de edição de imagens, usados para tratar fotografias.

Alguns artistas perceberam que o surgimento desta tecnologia abriu caminho para experimentações entre meios que, a princípio, não se relacionavam. Em 2006, interessado em investigar a respeito de um meio análogo ao vídeo, o artista Gareth Long realizou *Video Solid*¹², uma instalação que apresenta frames de vídeo convertidos em peças sólidas de gesso construídas por uma impressora 3D. A primeira questão latente deste trabalho já se encontra no próprio título da instalação, pois a característica ilusória e efêmera do vídeo nos induz a associá-lo a um estado volátil, em oposição às peças sólidas construídas pela máquina. Outro fato que contribui para a sensação de volatilidade é que o vídeo escolhido para a experimentação foi retirado da internet, sendo, portanto, um produto compartilhável pela rede. O tema do vídeo é uma cena grotesca de uma caçada na savana africana onde, em determinado momento, os papéis de caça e caçador se alternam. Long seleciona alguns frames do vídeo e os trabalha em um software para transformar as imagens bidimensionais em maquetes topográficas. O critério que o artista elegeu para realizar esta topografia foi interpretar os pixels de tons mais claros como picos e os mais escuros como vales, evocando assim as estratégias de luz e sombra que transmitem sensação de profundidade no desenho e na pintura. O resultado são placas tridimensionais com relevos sinuosos que já não se remetem tanto à representação da imagem de origem - algumas peças possuem formas orgânicas tão abstratas que é quase impossível reconhecer as figuras do leão ou dos caçadores – mas sim aos pontos que formam a imagem digital no computador.

¹² Video Solid. Disponível em: <http://garethlong.net/videoSolid/videoSolid.html>



Figura 18: Equipamentos do trabalho *Video Solid*, 2006.



Figura 19: *Video Solid*, 2006. Frame do vídeo da caçada (esquerda). Peça impressa do frame. (direita).

A importante contribuição de *Video Solid* é ter como ponto de partida elementos do próprio universo digital – no caso, os pixels – como modelos de uma construção tridimensional. O autor assim subverte não só o caráter utilitário da tecnologia como também a convencionalidade de seus modelos mais comuns, afinal não se trata necessariamente de um objeto, mas de uma imagem traduzida. Desta forma, o trabalho abre precedentes para vislumbrarmos através da impressão 3D outros elementos como algoritmos presentes nos mais diferentes processos digitais. Portanto, está envolvida uma visão muito mais íntima dos processos produtivos, diferentemente do que ocorre nos processos industriais onde aspectos da produção são inacessíveis para a maioria das pessoas. Inclusive, essa possibilidade dialoga com as idéias presentes na cultura do “faça você mesmo” (conhecida mundialmente como *Do It Yourself* ou DIY) na qual a impressão 3D se desenvolve atualmente.

2.2. Automatismo: *L'Artisan Electronique* e o retorno ao gesto humano

Quando se afirma que a fabricação digital e a impressão 3D seriam uma “Nova Revolução Industrial” é porque um dos paradigmas que ela atinge é justamente o que se refere à produção de objetos padronizados, consequência da produção massificada. Ocorre uma nova combinação, a do automatismo das impressoras com a produção customizada, situação vislumbrada pelos criadores das impressoras livres.

O surgimento da *RepRap* permitiu a alguns artistas explorarem as possibilidades da impressão tridimensional fora das grandes empresas especializadas em impressão 3D. As impressoras livres e customizáveis abriram perspectivas de experimentações alterando a própria máquina. Neste contexto se encontra a instalação *L'Artisan Electronique*¹³, realizada em 2010 pelo estúdio belga de design Unfold em colaboração com o designer Tim Knapen. O processo inicia com a projeção em rotação de um cilindro virtual em frente a uma estrutura equipada com sensores e uma roda de oleiro. O interator pode modelar virtualmente o cilindro através do escâner desenvolvido por Knapen que reconhece os movimentos da mão e os combina com a imagem projetada. Após a modelagem do objeto, preferencialmente um vaso, este é salvo em um banco de

¹³ L'artisan Electronique: site do estúdio Unfold. Disponível em :
<<http://www.unfold.be/pages/projects/items/l%E2%80%99artisan-electronique>>

arquivos, que é exibido em projeção numa parede. Posteriormente, alguns arquivos são escolhidos para serem materializados por meio de uma impressora 3D *RepRap* adaptada para cerâmica. Os objetos impressos possuem elementos que remetem ao universo digital, como vestígios das malhas do programa de modelagem tridimensional, combinados com a imperfeição das manipulações dos interatores. A materialização do objeto manipulado virtualmente através da impressão 3D permite ao interator visualizar a materialização de sua intervenção no modelo digital. No trabalho há um jogo poético estabelecido entre o que existe potencialmente e o que existe de fato, no encontro inusitado entre a representação virtual e a ação de materializar o gesto enquanto objeto elaborado através da impressão 3D.



Figura 20: Parte da instalação *L'Artisan Electronique*, 2010.



Figura 21: Vasos construídos na impressora 3D RepRap.

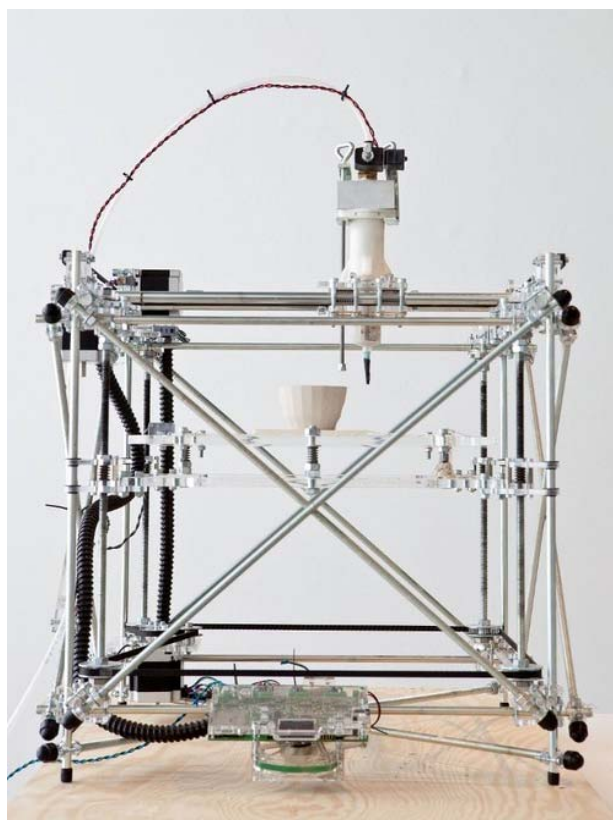


Figura 22: Impressora 3D RepRap adaptada para cerâmica.

Esta instalação interativa foi fundamentada no gesto manual remanescente das práticas do artesão e do artista. Nela, o próprio ato de manipular é isolado em estruturas que percebem, através de dispositivos sensíveis, a dança das mãos que tentam tocar um modelo virtual. Conforme o estúdio Unfold, *L'Artisan Electronique* seria o encontro entre a cerâmica, uma das mais antigas técnicas artesanais, com os novos meios digitais, pois a impressora reproduz o processo de empilhamento de rolinhos de argila para construção de objetos, referenciando um dos processos artesanais mais tradicionais da cerâmica. Considerando a produção de objetos em geral a partir do século XVIII, a introdução gradual do automatismo e da produção industrial reduziu a intervenção humana no fazer das coisas. O automatismo presente nas máquinas não era oportuno para o gesto humano, especialmente quando a produção se tornou massificada. Se o gesto humano tende a desaparecer na produção massificada da indústria, onde o automatismo diminuiu a intervenção humana no processo de produção dos objetos, *L'Artisan Electronique* retoma o gesto humano em uma união paradoxal da prática do

artesão com a máquina automatizada, através dos novos métodos de impressão tridimensional.

2.3. Autonomia: as provocações de Leonel Moura

Baudrillard, em seu livro “O sistema dos objetos”, considera que o verdadeiro aperfeiçoamento das máquinas não corresponde à automação, mas sim à margem de indeterminação que permite a esta ser sensível a uma informação exterior, porque “a máquina de alta técnica é uma estrutura aberta, pois o conjunto das máquinas abertas pressupõe o homem como organizador e intérprete vivo.” (BAUDRILLARD, 2009, p.119). No entanto, o autor afirma que a despeito de uma racionalidade técnica, o automatismo é um desejo humano, é o “milagre da perfeição do menor esforço” (ibidem, p.119), das coisas andarem por si. “Encontramo-nos diante de um novo antropomorfismo (...) não são mais os gestos, sua energia, suas necessidades, a imagem de seu corpo que o homem projeta nos objetos automatizados, é a autonomia de sua consciência, seu poder de controle, sua individualidade própria, a ideia de sua pessoa.” (ibidem, p.120)

Tal desejo de autonomia dos objetos nos leva a esta provocação de Leonel Moura, que ironicamente decreta o “fim definitivo e oficial” da arte tal como a conhecemos e passa a defender, a partir de seu Manifesto da Arte Simbiótica, um novo paradigma para o artista contemporâneo: ser um “artista simbiótico”, deixar de produzir diretamente produtos artísticos para criar agentes artificiais devotados às artes (Moura e Pereira, 2004) – em outras palavras, em vez de realizar diretamente objetos artísticos, criar artistas. O ponto de vista de Moura pode ser contextualizado através de seu significativo percurso no desenvolvimento de autômatos com habilidade de criar imagens gráficas e pictóricas, apresentado em várias exposições de arte, design e novas tecnologias em diferentes partes do mundo.

Evidentemente, a tentativa de Moura de personificação de seus robôs, estrategicamente nos induzindo a intuir a autonomia destas criaturas, esbarra na constatação de que seus robôs são construídos e programados por humanos. A proposição de Moura se aproxima da arte generativa, quando um artista-programador lança um algoritmo que evolui

dentro de uma proposição inicial, criando situações em que a composição visual ou sonora resultante torna-se imprevisível – mas mesmo assim, o artista não abdica de sua autoria já que foi o disparador do processo. Moura, no entanto, tem pensado como relativizar essa presença humana vislumbrando a potencialidade de seus robôs-artistas criarem a si próprios e materializarem suas criações por meio da impressão 3D. A proposição de Moura flerta com a ideia de autopoiese de Humberto Maturana e Francisco Varela, conceito advindo da biologia e com visibilidade em outros campos do conhecimento, que compreende “um processo que produz a si próprio e se mantém” (Santos, 2007, p. 436). A aplicação do termo para o universo de criações artísticas que lidam com vida artificial e algoritmos computacionais é bastante recorrente, já que consegue circunscrever uma das propriedades em voga neste universo de criação.



Figura 23: Modelos gerados por algoritmos (esquerda) e objetos impressos (direita).

Leonel Moura reconhece e endossa o discurso sobre a impressão 3D como uma nova revolução tecnológica em curso (Moura, 2013) que possibilitará às máquinas construir suas próprias criações, uma vez que só precisam enviar o modelo do objeto concebido digitalmente direto para a impressora, sem necessidade de passar por qualquer outra etapa de produção.

A partir destas premissas, Moura realizou em 2013 a exposição *Evolução*, apresentada no Centro Cultural de Belém, em Lisboa, com objetos tridimensionais que foram

modelados automaticamente por algoritmos que simulavam mecanismos morfogênicos e ao término do processo o arquivo da escultura era enviado diretamente para ser construído por uma impressora 3D. Por esta mesma lógica, no futuro, robôs também poderiam ser construídos e postos em funcionamento por outras máquinas, efetivando o desejo por sua autonomia.

2.4. Implicações da tecnologia: *Stranger Visions* e a cultura de vigilância.

A artista norte-americana Heather Dewey-Hagborg realizou *Stranger Visions*, 2012, um trabalho artístico onde ela cria rostos tridimensionais de pessoas a partir da análise de material genético extraído de detritos deixados em espaços públicos. Motivada pela curiosidade em conhecer a quem pertenceria os vestígios que encontrava pelo caminho, como fios de cabelo ou bitucas de cigarro, ela iniciou uma investigação em torno daquilo que, involuntariamente, também se abandonava junto ao detrito, a amostra de DNA de um desconhecido.

Ela coletou restos de cabelos, bitucas de cigarros e chicletes mascados que encontrou em espaços públicos da cidade de Nova Iorque. Em seguida, fez a extração do DNA no laboratório *Genspace*¹⁴, um laboratório colaborativo que permite a prática independente da ciência, onde contou com a orientação de biólogos e de protocolos para a extração de DNA disponíveis na internet. Após extrair o DNA, ela amplificou algumas partes que considerou relevantes para o sequenciamento em laboratório, aquelas nas quais pudessem ser estudadas certas regiões do genoma que variam de pessoa para pessoa chamadas SNPs (*Single Nucleotide Polymorphisms*). Após receber o sequenciamento, ela decodificou as seqüências de nucleotídeos com auxílio do banco de dados sobre genética humana disponível na internet, o *SNPedia*¹⁵. Através dele conseguiu traduzir algumas características da fisionomia humana que elegeram para traçar o retrato como gênero, cor dos olhos, etnia, cor da pele, cor do cabelo, presença de sardas, indicador de obesidade, tamanho do nariz, distância entre os olhos, entre outras.

¹⁴ Genspace - Biolaboratório comunitário da cidade de Nova Iorque. Disponível em: <<http://genspace.org/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

¹⁵ SNPedia. Site em plataforma wiki para pesquisa de genética humana. Disponível em: <<http://snpedia.com/index.php/Appearance>>. Acesso em: 18 mai. 2013.

Tais características tornaram-se parâmetros no momento de gerar o modelo tridimensional do rosto em um software. Com o conhecimento que possui de programação, ela reprogramou o software *Basel Morphable Model*¹⁶, originalmente usado para reconhecimento facial, para gerar modelos mórficos de rostos tridimensionais. Após a criação do rosto, o resultado era convertido em arquivo e enviado para impressão em uma impressora 3D, que produziu as peças coloridas em gesso.



Figura 24: *Stranger Visions*, 2012.

Stranger Visions participou de diversas exposições, sempre apresentado com os retratos e por vezes combinando outros elementos do processo de criação do trabalho como fotos dos locais de coleta, detritos e amostras de DNA, vídeos com os retratos gerados no programa de modelagem, textos com traduções do sequenciamento e suas equivalências e mapas. O trabalho instigou debates a respeito do uso e acesso a informações sobre o DNA de terceiros.

¹⁶ Basel Morphable Model faz parte do programa 3D Basel Face Model (BFM), desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Basel. Disponível em: <http://faces.cs.unibas.ch/bfm/main.php?nav=1-0&id=basel_face_model>. Acesso em: 22 mai. 2013.

E é justamente neste ponto que Dewey-Hagborg deseja chamar a atenção, para o impulso em direção ao determinismo genético e o potencial para uma cultura de vigilância genética. Em meados da primeira década do século XXI, cientistas do Projeto Genoma Humano divulgaram o primeiro rascunho do sequenciamento do DNA. O mapeamento das três bilhões de bases do genoma revelava desde características já citadas como cor da pele, tipo de cabelo, cor dos olhos, a fatores como propensão para doenças, obesidade ou alcoolismo. Logo surgiram discussões sobre o uso ético de tais informações, como por exemplo, a possibilidade de empresas selecionarem funcionários baseadas no mapa genético do candidato.

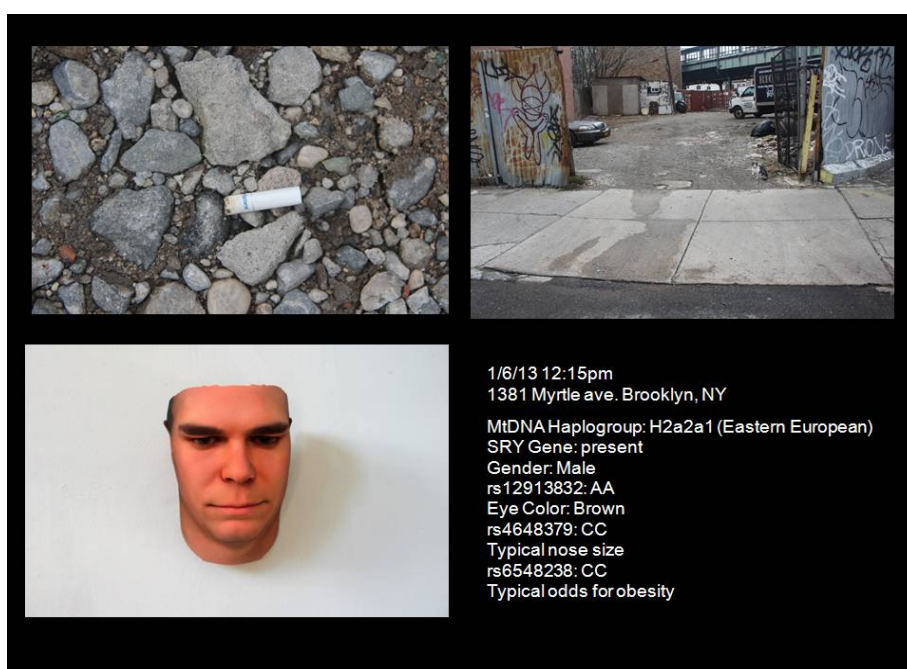


Figura 25: *Stranger Visions*, 2012. Cigarro, local onde foi deixado e rosto obtido.

Os rostos de *Stranger Visions* remetem aos retratos de identificação, como se fossem extraídos de um documento ou ficha criminal. Por razões funcionais, este tipo de retrato é produzido de modo padronizado com vista frontal ou lateral do rosto, sem elementos que apresentem qualquer sentimento ou expressão por parte do retratado, detalhando ao máximo a fisionomia do indivíduo. O trabalho apropria-se deste formato asséptico, expondo a síntese do que foi extraído do DNA.

"Este trabalho é uma provocação, criado para estimular um diálogo cultural sobre a vigilância genética e a fenotipagem forense do DNA. O que significa para um artista, um amador, realizar isto? Quais as implicações para a questão da privacidade assim como a aplicação da lei?" diz a artista. Ela já havia trabalhado com o tema vigilância em projetos anteriores, com algoritmos de reconhecimento de fala e programas de reconhecimento facial, mas não havia antes considerado a possibilidade emergente de vigilância genética. "Aquilo que nos faz humanos: cabelo, pele, saliva, quando deixados no espaço público, tornam-se instrumentos que qualquer um pode investigar para obter informações". A intenção de Dewey-Hagborg é chamar a atenção para o impulso em direção ao determinismo genético e o potencial para uma cultura de vigilância genética.

Para os artistas, a impressão 3D pode ser um novo campo de experimentação, um meio de materializar suas reflexões contidas dentro do ambiente digital. No entanto, pudemos observar trabalhos que consideraram não somente a finalidade de materializar criações digitais, mas também levantaram questões que surgiram com o aparecimento da impressão 3D, como em *L'Artisan Electronique*, assim como debates que ganharam força nas provocações de Leonel Moura ou as implicações decorrentes de possíveis usos desta tecnologia na vigilância genética em *Stranger Visions*. As incursões dos trabalhos citados acima nos fornecem uma amostra da dimensão de possibilidades a explorar e abrem caminho para a discussão que será apresentada no próximo capítulo, mais abrangente quanto ao universo da impressão 3D, que compreende além da materialização de modelos pela impressora também o sistema colaborativo no qual ela se insere.

CAPÍTULO 3

Deliberator: projeto artístico sobre o universo da impressão 3D

O universo da impressão 3D compreende não somente as máquinas capazes de construir objetos, mas também sua rede de relações, que é fundamental para seu próprio desenvolvimento. Mesmo que ainda esteja se conformando, aos poucos já revela algumas facetas que geram inquietações. Para entusiastas e especialistas nesta tecnologia, as preocupações momentâneas giram em torno da superação de suas atuais limitações, para que seja possível fabricar qualquer coisa em casa. Já o público tem curiosidade em conhecer este novo universo e suas potencialidades. Novas situações inesperadas deflagraram questionamentos a respeito do uso desta tecnologia e seu futuro dentro da sociedade. Este contexto serviu de mote para o projeto artístico que é apresentado e analisado neste capítulo.

3.1. Implicações da impressão 3D: o caso da *Liberator*

A impressão 3D foi inicialmente divulgada por veículos de comunicação, em grande parte, de modo otimista apontando potenciais benesses para a vida das pessoas ou usos bem sucedidos já em andamento. Seja por fabricações complexas na arquitetura e na engenharia ou em laboratórios de biotecnologia, seja em produções domésticas simples, ou bizarrices de toda sorte como alimentos “impressos” em 3D, ela sempre foi vista de maneira positiva, ignorando inclusive limitações técnicas que se apresentam em grande parte das realizações.

Neste contexto, porém, um uso não previsto desta tecnologia tem gerado muita discussão. Cody Wilson, um jovem norte-americano, encabeça um movimento que defende a livre fabricação de armas de fogo por meio da impressão 3D, a partir de modelos digitais que seriam compartilhados pela internet. Juntamente com um grupo de interessados no assunto, ele desenvolveu peças para armas que podem ser impressas e ganhou fama após publicar na internet alguns vídeos demonstrando a eficiência destas peças.



Figura 26: Cody Wilson testando peça (plástico branco) para fuzil AR-15, fabricada com impressão 3D.

Há pouco tempo atrás, era comum encontrar modelos digitais de peças para armas de fogo no site *Thingiverse*, que, como já foi mencionado neste trabalho, é um dos principais repositórios de arquivos para impressão 3D. Porém, tais arquivos foram banidos do site após o violento atentado de Connecticut, em dezembro de 2012, quando um adolescente matou 26 pessoas, entre elas 20 crianças, em uma escola infantil. Wilson foi um dos participantes do site que teve seus arquivos eliminados e considerou isto como um ato de censura. Ele decide criar, junto a outros colaboradores, o site *DefCAD.org*, para abrigar os arquivos banidos.

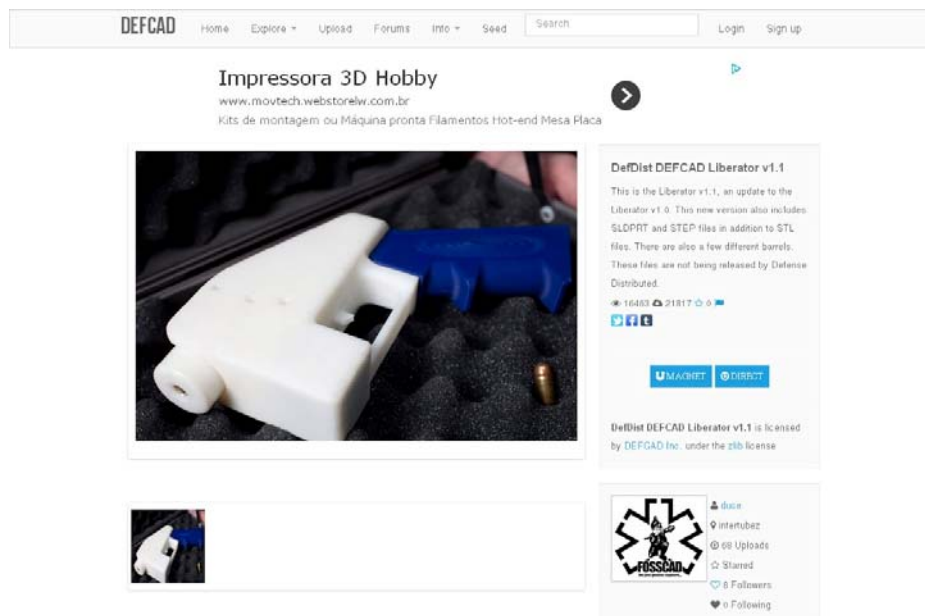


Figura 27: Site DefCAD, repositório para modelos digitais de armas e acessórios.

Os Estados Unidos têm testemunhado um aumento no número de atentados protagonizados por armas de fogo, com 16 tiroteios em massa somente no ano de 2012. Enquanto o governo norte-americano tem buscado com muita dificuldade ampliar restrições e criar leis mais rígidas sobre o uso destes aparatos, há oposição política por parte de organizações armamentistas e ativistas que são a favor do porte de armas. Esta parcela reivindica ter o direito de se defender de uma pessoa mal intencionada com uma arma e argumenta que só pode fazê-lo estando armada também. Uma das respostas às tentativas do governo de impor maior controle sobre o uso de armas no país é o movimento *Wiki-weapon*, em que Cody Wilson é um dos representantes mais emblemáticos, com o objetivo de produzir uma arma completamente impressa em 3D. Em menos de um ano foram lançados no site DefCAD.org os primeiros arquivos para produção da pistola *Liberator*, a primeira arma de fogo totalmente fabricável com impressão 3D, ou seja, a primeira *wiki-weapon*. Trata-se de uma pistola calibre 22 com capacidade para um único tiro de cada vez.

A escolha do nome *Liberator* para batizar a primeira *wiki-weapon* deve-se à inspiração em uma histórica arma criada nos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, a

pistola *FP-45 Liberator*, encomendada pela OSS¹⁷ - o serviço de inteligência do governo norte-americano na época – à General Motors Corporation. Ela tinha uma curiosa finalidade: não era destinada ao exército, mas sim às pessoas comuns que não tivessem acesso a qualquer tipo de aparato bélico. Não tinha grande desempenho, pois só podia disparar um tiro por vez. Inicialmente ela foi lançada no território europeu junto a outros suprimentos por meio de aviões e poderia tanto alcançar seu objetivo, as forças francesas de resistência compostas por guerrilheiros civis, quanto os exércitos inimigos. Isso justifica a condição pífia do aparato, pois não era interessante aos Estados Unidos fornecer armas potentes aos seus adversários, apenas permitir que um civil pudesse imobilizar ou abater o inimigo e tomar sua munição.



Figura 28: Exemplar da pistola *FP-45 Liberator*.

O episódio histórico da *FP-45 Liberator* parece bem conveniente para Wilson e seus colaboradores advogarem sobre causa da arma fabricável. Os norte-americanos têm apego especial pela participação de seu país na Segunda Guerra, basta considerar a grande quantidade de filmes produzidos sobre o tema na indústria cinematográfica de *Hollywood*. A situação de oferecer a mínima chance de defesa às vítimas (do lado aliado) soa bastante comovente para a organização Defense Distributed tentar emplacar seu projeto, associando esta imagem à atual discussão sobre armas no país.

¹⁷ Office of Strategic Services, serviço de inteligência norte americano durante a Segunda Guerra Mundial. Mais tarde originou a CIA, Central Americana de Inteligência.

Mas as semelhanças entre as duas versões da pistola *Liberator* não se limitam ao apelo dramático. Ambas também são armas de desempenho medíocre. Alguns testes realizados pela polícia australiana¹⁸ atestaram que a *wiki-weapon* pode ser tão perigosa para seu portador quanto para o alvo, pois há o risco dela explodir na mão ao ser disparada. A razão para isto é que o plástico usado em grande parte das impressões não é o tipo de material mais adequado para a produção de um aparato que dispara projéteis por detonação.

Apesar de não inspirar muita confiança em razão de sua fragilidade, assim mesmo esta pistola gerou muitas discussões a respeito do acesso livre à fabricação de armas no mundo inteiro e questões relativas à segurança, especialmente por tratar-se de um objeto que não pode ser percebido por detectores de metais e ser facilmente introduzido em locais como aeroportos e bancos. A equipe de um jornal popular inglês demonstrou a facilidade para transportar o artefato, documentando um deslocamento com a pistola *Liberator* no famoso *Eurostar*, trem que faz a ligação entre Inglaterra e França, onde não houve nenhum tipo de interceptação em seu trajeto¹⁹.



Figura 29: Viagem com pistola *Liberator* dentro do trem *Eurostar*.

¹⁸ Polícia de New South Wales testa a pistola *Liberator*. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=7xjlqMw8FYE>>.

¹⁹ How Mail On Sunday 'printed' first plastic gun in UK using a 3D printer- and then took it on board Eurostar without being stopped in security scandal. Disponível em:
<<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2323158/How-Mail-On-Sunday-printed-plastic-gun-UK--took-board-Eurostar-stopped-security-scandal.html>>.

Se por um lado a arma tornou-se um motivo de preocupação por parte dos órgãos responsáveis por segurança, por outro gerou curiosidade ao ponto de ganhar destaque em uma exposição dedicada à impressão 3D no museu Victória e Albert em Londres, durante um festival de design realizado em 2013. Cientistas e especialistas, entre eles o criador da Reprap professor Adrian Bowyer, foram convidados na ocasião para expor seu ponto de vista não somente sobre a questão da *wiki-weapon*, mas também sobre o futuro da impressão 3D. Quando indagado se esta tecnologia seria perigosa por possibilitar a fabricação de armas e outros objetos letais, Bowyer afirma que é um equívoco tal constatação, já que outras tecnologias também produzem objetos perigosos e que a impressão 3D também traz benefícios para a sociedade quando empregada em áreas como a medicina, por exemplo. A questão é que a existência da *Liberator* não é apenas polêmica: ela também é emblemática em relação a esta nova tecnologia.

3.2. *Liberator* e a materialização de sentimentos

A eleição da *Liberator* de Cody Wilson como ponto de partida para execução de um trabalho artístico parte do pressuposto que este objeto é um dos mais emblemáticos produtos desta nova tecnologia até o momento. E por que ele seria um dos mais significativos?

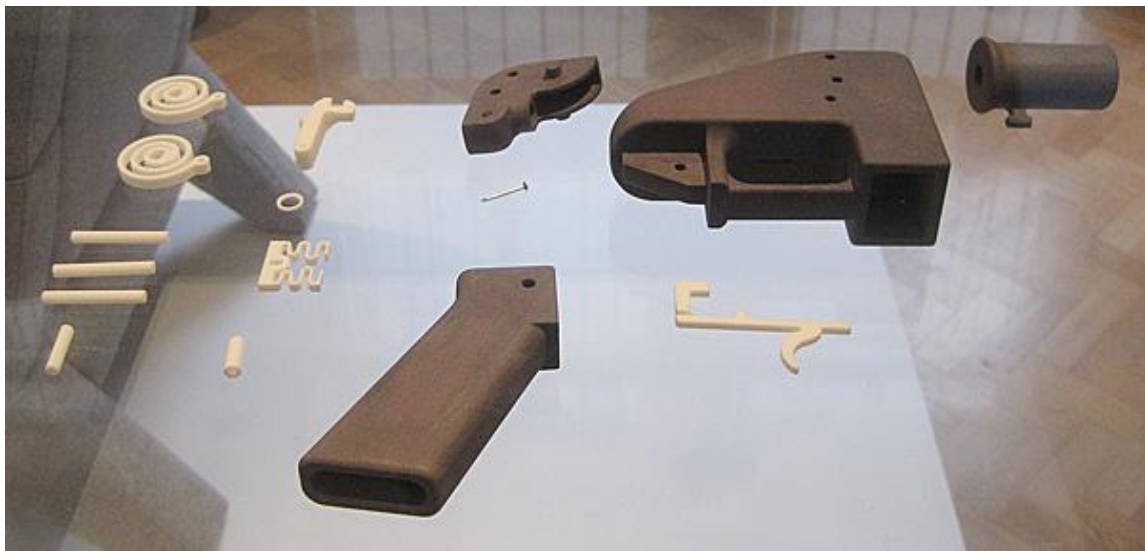


Figura 30: Exposição de peças da pistola *Liberator* no Museu Victoria & Albert, Londres.

Em primeiro lugar cabe observar que não há novidade na relação entre surgimento de novas tecnologias e universo bélico – basta lembrarmos dos avanços tecnológicos ocorridos durante o período da Guerra Fria entre Estados Unidos e União Soviética, dentre os quais podemos destacar a Internet e a corrida espacial. O que se coloca de novo é o surgimento de armas concebidas por pessoas comuns e não por indústrias armamentistas financiadas por governos. A *Liberator* aconteceu dentro de uma comunidade que se propôs a criá-la e desenvolvê-la, num movimento *bottom-up*, ou seja, de baixo para cima, da periferia para o centro, e não da maneira como a maior parte das armas de fogo, e por extensão todos os produtos industriais, são oferecidos. Há uma comunidade que participa ativamente desde sua criação e posterior aperfeiçoamento, sem restrição de acesso, formando uma rede de colaboradores em diversos lugares do mundo.

Embora a impressão 3D, em seu âmbito doméstico, seja vista como uma “nova revolução industrial” ainda há limitações que não permitem produzir a maioria das coisas. Ou porque não é financeiramente vantajosa ou porque a tecnologia ainda não possibilita alcançar determinados resultados. Considerando várias promessas ainda não concretizadas, como a perspectiva de imprimir um carro em casa, *Liberator* é um dos poucos produtos tangíveis que efetivamente pode ser fabricado dentro das atuais limitações da máquina, ainda que sua funcionalidade possa ser contestada. A arma é composta de várias peças e engrenagens que demonstram uma concepção engenhosa, o que torna sua montagem uma atividade lúdica apesar de sua complexidade.

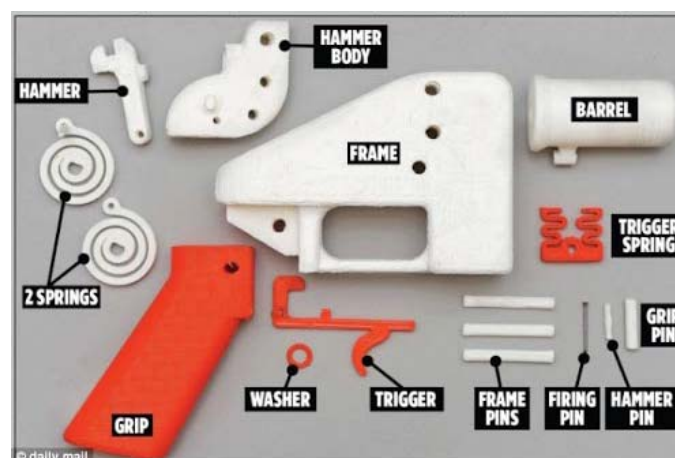


Figura 31: Peças que compõem a pistola *Liberator*.

A existência da *Liberator* coloca em xeque a visão mais ingênua da impressão 3D, inicialmente vista como parte de uma agenda positiva, que envolve acesso a próteses ou a ferramentas em locais remotos, por exemplo. Conforme Nick Bilton, colunista do jornal *The New York Times*, nos apresenta no documentário “Click, Print, Gun: The Inside Story of the 3D-Printed Gun Movement” quando os idealizadores das impressoras as criaram apenas imaginaram que as pessoas fariam objetos banais, tais como copos ou pulseiras; não foi previsto que pudessem fazer armas. De fato, a maioria dos objetos encontrados em repositórios como o *Thingiverse* é banal, como bustos, bijuterias, brinquedos e outros badulaques. Assim, *Liberator* é paradigmática quando se coloca acima da futilidade deste universo de objetos, ainda que discordemos dos propósitos de sua criação.

Além de todas essas considerações, há que se observar o contexto geopolítico, no qual pensamos sobre o que pode representar um mundo de armas de fogo “livres”. Quais as consequências de um objeto como uma *wiki-weapon* em um mundo onde atualmente ocorrem mais de 30 conflitos em diferentes partes do mundo? O que pode acontecer se todas as pessoas estiverem armadas? Nos Estados Unidos é comum pessoas possuírem armas de fogo e há uma cultura favorável ao uso e porte destes aparatos, ao ponto de não ser possível, na maioria dos estados, proibir um cidadão de andar armado pelas ruas, tal qual acontece nos filmes de faroeste tão significativos para a cultura norte-americana. Há organizações como a *National Rifle Association* que atuam no sentido de influenciar leis que protegem quem usa armas, sob a justificativa de garantir a autodefesa. Tais organizações e fabricantes de armas também se beneficiam de uma histórica e paranóica sensação de insegurança dos norte-americanos, da constante necessidade de combater um inimigo, próximo ou distante. Em contrapartida, os Estados Unidos possuem a mais elevada taxa de homicídios causados por armas de fogo entre países desenvolvidos.²⁰

A questão é polêmica, já que ter uma arma é ter um tipo de poder sobre o outro. Até que ponto esta pistola, no momento em que se tornar mais aperfeiçoada, pode ser apenas um instrumento de defesa, especialmente quando pensamos nos casos de violência gerados

²⁰ Dados referentes ao período de 2004 a 2010 segundo reportagem da BBC: US gun debate: Guns in numbers. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-20759139>>.

por questões de intolerância? Neste sentido, *Liberator* se apresenta como a materialização de um sentimento de insegurança em relação ao outro, como uma resposta rápida e autoritária para os problemas relacionais de uma sociedade. Também há que se notar que aqueles que terão acesso às *wiki-weapons* são, em sua maioria, os mesmos que tem acesso aos bens de consumo e, em geral, não fazem parte daquilo que se pode considerar como uma população vulnerável.

As reflexões apresentadas até aqui serviram de inspiração para o desenvolvimento do projeto de arte “*Deliberator*”, 2014, o qual será abordado a seguir.

3.3. *Deliberator*: desconstruindo a impressão 3D

Observando todo o contexto apresentado até aqui, concluímos que a *Liberator* é um manancial de significados a serem explorados. Sendo assim, foi escolhida para compor um experimento artístico que busca tratar de questões relativas à impressão 3D observadas tanto conceitualmente quanto na prática, assim como observações decorrentes da análise de outros projetos artísticos que utilizam ou discutem esta tecnologia. A ideia não era criar um objeto novo, como acontece em outros trabalhos, mas apropriar-se de um objeto que já fizesse parte do universo desta tecnologia, que estivesse envolvido em suas diversas etapas (comunidade/colaboração, fabricação doméstica, distribuição em rede) e suscitasse as implicações da impressão 3D.

Assim, partindo para a prática, obtive os arquivos para o modelo da *Liberator* versão 1.1 no site da Defense Distributed²¹ no segundo semestre de 2013. Observei que não era um arquivo único, mas sim 14 arquivos de diferentes peças a serem montadas como um quebra-cabeça tridimensional. O primeiro impulso que tive foi de abrir os arquivos em um programa de modelagem tridimensional para visualizá-los e montar o objeto virtualmente. É inegável que há um prazer lúdico em manipular estas peças.

²¹ O modelo estava disponível no endereço: <http://defcad.org/> até dezembro de 2013, período em que ainda era permitido baixar o modelo diretamente do site. Atualmente o repositório foi extinto e a Defense Distributed proibida de disponibilizar o arquivo pelo governo dos Estados Unidos.

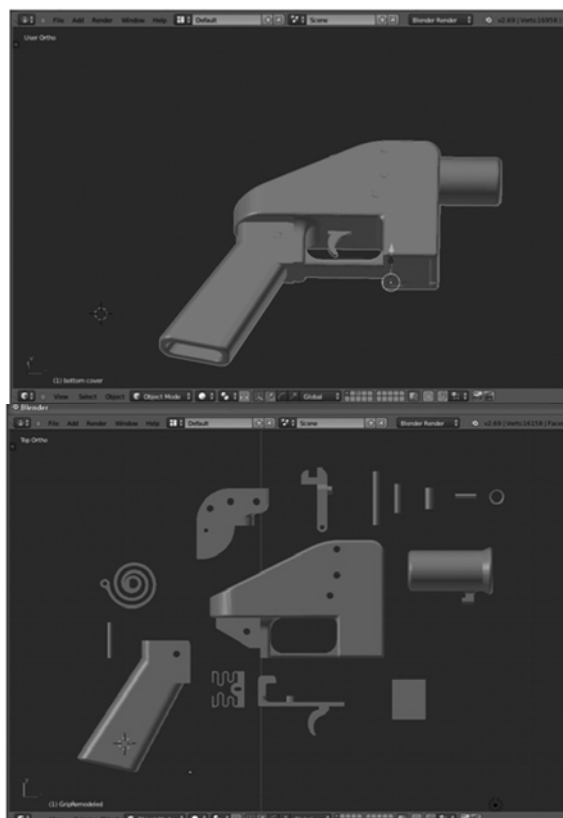


Figura 32: Modelo digital da *Liberator* visto em programa de modelagem tridimensional (Blender 2.69).

Embora sua visível engenhosidade nos instigue a montar o objeto, o artista Fabio FON e eu procuramos ir além do percurso usual que seria obter o arquivo do modelo digital e construir a pistola. Como interferir em um objeto tão emblemático? Se ele nos estimula a construir e utilizar, indo pela contramão nossa proposta foi pensar em como desconstruir e inutilizar poeticamente. Alguns trabalhos discutidos a seguir apresentam situações de apropriação e modificação que se aproximam dos métodos e escolhas conceituais do nosso projeto.

No poema eletrônico *Exílio*²², de Tiago Lafer, há a apropriação de um trecho da “Canção do Exílio” de Gonçalves Dias, que é gradualmente reconfigurado através da retirada de elementos do texto. O poeta realiza intervenções, suprimindo algumas palavras dos versos em seis intervalos, gerando seis novos momentos, mas tentando manter a essência do poema original, que se encontra na comparação entre dois lugares

²² O poema pode ser acessado na revista eletrônica Signica, disponível em: <www.nomuque.net/signica>

distantes, o “lá” e o “cá” e o sentimento de nostalgia. Mas conforme caminha para o seu desfecho, o autor aumenta a sensação de isolamento através da metáfora visual dos espaços vazios que surgem e por fim, permanece apenas a distância entre os travessões ao final. Conforme Santos (2003, p.72), ao analisar o poema:

O que chama a atenção é a rarefação das palavras, que vai aumentando pouco a pouco a intromissão progressiva dos espaços vazios, o silenciamento paulatino do poema e atingem seu auge com os dois travessões enfrentando-se, ameaçadores, numa mesma linha e metaforizando, mais visual que semanticamente, o lá e o cá entre os quais oscila o poema todo de Gonçalves Dias.

Percebe-se que Lafer mantém o sentido original do poema ainda que imponha uma nova leitura para ele. O que nos interessará deste poema é a sua gradual desconstrução formal, organizada em sete momentos, do texto original ao seu limite de significado. Esta metodologia nos interessou como possibilidade de estabelecer uma narrativa visual a partir da decomposição gradual da *Liberator*, tal como Lafer faz com a “Canção do Exílio”. Só não nos interessava reforçar os sentidos que a pistola suscitaria; nossa preocupação também é desmantelar os seus sentidos.

Exílio

Minha terra tem primores,
Que tais não encontro eu cá;
Em cismar - sozinho, à noite -
Mais prazer encontro eu lá;
Minha terra tem palmeiras,
Onde canta o Sabiá.

primores,
Que tais não encontro eu cá;
Em cismar - sozinho, à noite -
Mais prazer encontro eu lá;
Minha terra
canta

primores,
 não encontro eu cá;
 - sozinho, à noite -
prazer encontro lá;

não encontro eu
 - sozinho, à noite -
 lá;

 encontro eu
 - sozinho -

 - sozinho -

- -

Figura 33: Frames do poema “Exílio”, 2002, poema digital de Tiago Lafer.

Dentro desta perspectiva desconstrutiva, um trabalho que pode ser citado é “Technology/ Transformation: Wonder Woman”, 1978-9, de Dara Birnbaum. A artista se apropria de trechos da série televisiva Mulher Maravilha, para propor uma

reavaliação da imagem das mulheres na mídia. Através de remixagens, onde ela repete diversas vezes seqüências emblemáticas da personagem principal, como a metamorfose explosiva que a torna heroína, tiros defendidos com seu bracelete mágico, corte no espelho onde simbolicamente a personagem parece cortar a própria garganta, desmontam o contexto original da série de apelo pop para criar um discurso ideológico sobre os estereótipos femininos dentro de uma sociedade predominantemente patriarcal.



Figura 34: Frames de “Technology/Transformation: Wonder Woman”.

Há um viés político na apropriação das imagens em “Technology/ Transformation: Wonder Woman”, e este direcionamento está também em nossa proposta, levando em conta a carga de significados suscitados pela *Liberator* e as considerações já apresentadas.

Outro trabalho que pode ser mencionado como um caso de desfiguração de um objeto icônico é “Totemobile”, 2007, de Chico MacMurtrie e o estúdio Amorphic Robot Works (ARW). O artista desenvolveu uma escultura robótica partindo do formato do clássico carro Citroën DS. Quando está em ação, a escultura robô desmembra-se para transformar-se em um totem de 18 metros de altura, com características orgânicas, muito diferentes de sua forma original. Já discorri sobre este automóvel ao abordar o trabalho “La DS” de Gabriel Orozco, e o quão icônico ele foi para os anos 50 na

sociedade europeia do pós-guerra. MacMurtrie também remete a esta questão ao justificar as razões de sua escolha:

Eu escolhi o Citroën DS, não por causa do patrocínio da Citroën, mas porque ele é um ícone dos carros europeus, e eu senti que as qualidades vivas que representava (suspensão hidráulica, curvatura orgânica e engenhosidade mecânica) foram emblemáticas para a época. Eu também escolhi o DS porque ele influenciou minha cultura mexicana-americana do low-rider²³. O low-rider foi usado pela cultura latina como meio de expressão... convertendo carros clássicos com suspensão hidráulica, utilizando pinturas elaboradas, tornando-se uma forma de arte. (MACMURTRIE, sd.)



Figura 35: “Totemobile”, 2007.

²³ Low-rider é um tipo de automóvel modificado que rebaixa ou levanta sua suspensão, estratégia utilizada para driblar a fiscalização sobre o rebaixamento de veículos, prática considerada ilegal nos anos 50 nos Estados Unidos. Ao longo do tempo, tornou-se uma cultura para o universo automobilístico, com aperfeiçoamento das customizações e decorações dos automóveis.

Já havíamos definido que a *Liberator* era um objeto icônico, com forte carga de sentidos. Para anular essa carga, pensamos em recorrer às próprias limitações da impressão 3D, por meio das quais obteríamos a desfiguração do objeto em questão. Elencamos dentro desta tecnologia um dos processos para obtenção de modelos digitais: o escaneamento tridimensional, processo onde um aparelho captura a imagem de um objeto por meio de um feixe eletrônico e o transforma em dados digitais. A maior parte dos aparelhos usados neste tipo de escaneamento não possui acuidade suficiente para obter uma reprodução perfeita da imagem do objeto original e geralmente produz alguns ruídos na imagem digitalizada. Consideramos introduzir estes ruídos como um recurso para modificar a aparência do objeto original, através de uma sucessão de escaneamentos. Através de um processo cíclico, cada objeto produzido seria escaneado, tornando-se imagem novamente para converter-se em um modelo digital tridimensional e, em seqüência, ser impresso em 3D e tornar-se novamente objeto, procedimento que se repetiria várias vezes até a desfiguração total do modelo inicial.

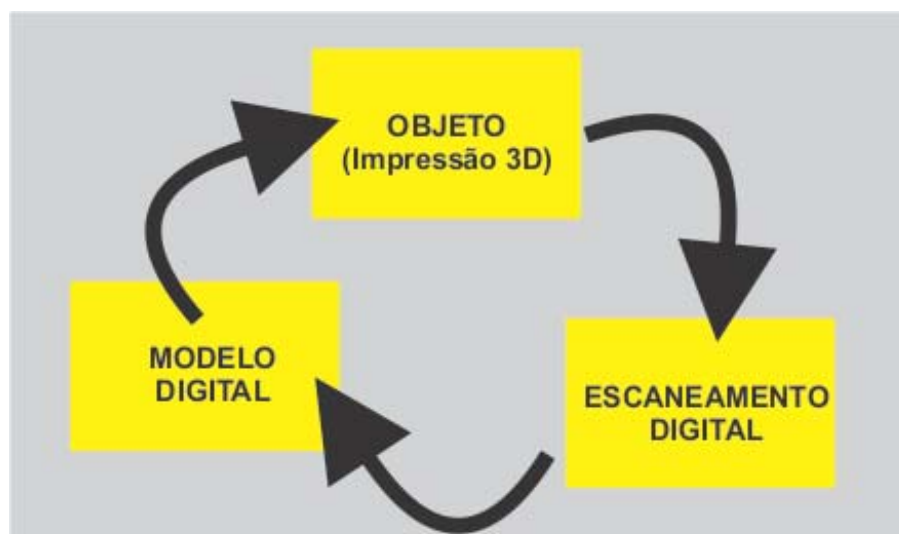


Figura 36: Processo cíclico do trabalho.

O projeto previa utilizar a tecnologia de impressão 3D que é empregada no âmbito doméstico e que tem maior alcance de usuários, ou seja, é o que está acessível para grande parte das pessoas e que foi previsto pelos ativistas da organização Defense Distributed para fabricação da *Liberator*. Não estão sendo considerados equipamentos

de alto desempenho, em geral utilizados dentro das indústrias, mas sim os que compõem o cotidiano daqueles que freqüentam os *Fab Labs*.



Figura 37: Processo de escaneamento com escâner manual.

Paralelamente ao contato com o modelo da *Liberator*, eu já havia iniciado contato com o primeiro *Fab Lab* no Brasil, fundado em 2011 na Universidade de São Paulo dentro da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU/USP). Este *Fab Lab* é mantido pelo grupo de estudos DIGIFAB (Tecnologias digitais de fabricação aplicadas à produção do Design e Arquitetura Contemporâneos) que tem realizado projetos, parcerias com *Fab Labs* de outros países e atividades abertas ao público em geral. Ainda há poucos destes laboratórios de fabricação digital no Brasil, dentro do conceito de *Fab Lab* preconizado por Neil Gershenfeld. Ainda em São Paulo, outro espaço nestes moldes é o Garagem Fab Lab, laboratório independente por não possuir vínculo ou apoio de universidades ou instituições. Foi este espaço que abrigou a produção do nosso trabalho.

Ao contrário do que era esperado diante das polêmicas envolvendo a *Liberator* de Cody Wilson, ao propor o projeto para o Garagem Fab Lab fui surpreendida com a acolhida da equipe. Conversando com os responsáveis pelo espaço, descobri que o objeto já fazia parte do imaginário das pessoas que visitavam o *Fab Lab* para conhecer mais do universo da impressão 3D. A curiosidade das pessoas em torno da *Liberator* só reforça

o seu caráter icônico e a potencialidade deste objeto de mobilizar as atenções. Este interesse se deve principalmente às notícias divulgadas a respeito da pistola e suas possíveis implicações.

Tendo iniciado a produção do projeto, as primeiras peças que deveriam ser impressas partiriam do modelo digital da *Liberator*. Desde a concepção do projeto, tivemos a preocupação de que, se fossemos fabricar aquele modelo digital, ele seria incapaz de funcionar de fato, ou seja, ele não dispara. Para a realização dos escaneamentos tridimensionais foram necessárias apenas as peças que dão formato ao objeto e, deste modo, tornou-se possível suprimir outras que eram internas e necessárias para o disparo. Outra providência para incapacitar o funcionamento deste objeto foi imprimi-lo com menor densidade de material, o que o torna mais frágil. Durante a produção também houve a necessidade de partir algumas das principais peças ao meio, para viabilizar sua impressão sem deformações e isto tornou o objeto ainda mais frágil. Por fim, o resultado obtido ao final desta primeira fase de impressões corresponde ao formato final da *Liberator*, permitindo a sua operação especificamente no nível simbólico.

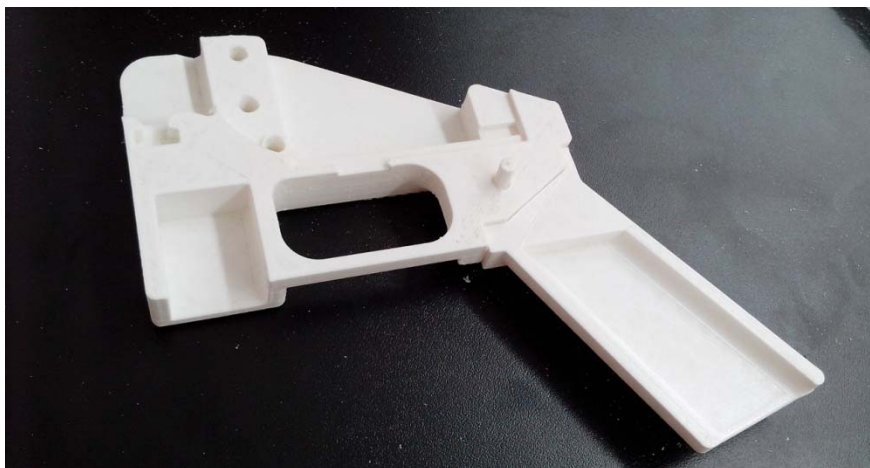


Figura 38: Peças partidas ao meio.

Antes da impressão seguinte, eu introduzi mais um fator de deformação, reduzindo o tamanho do modelo digital em relação ao objeto anterior. Como critério para esta redução, foi escolhida uma medida recorrente na Arte e na natureza: a Proporção Áurea. Aplicada na prática artística enquanto concepção de beleza e perfeição e observada na

natureza como ordem de crescimento da vida, tal proporção tem a característica harmonizar elementos assimétricos, mas que se relacionam através de uma medida constante presente em todos os elementos. A proporção entre o elemento menor está para o maior, assim como o elemento maior está para o todo (figura 39). Neste caso, o primeiro objeto é a referência do todo para as demais peças, sendo a origem comum para a ramificação que se seguirá com a fabricação das demais peças. Tal solução agregou uma nova relação entre os objetos, tornando-os intimamente ligados apesar da desfiguração que se acentuaria no decorrer do processo de impressão e escaneamento.

$$\frac{n}{m} = \frac{m}{m+n}$$

Figura 39: Equação representa a proporção áurea.

Depois da primeira impressão iniciei a segunda fase da produção do trabalho onde acontece o processo de escaneamento. Havia algumas opções de métodos para este procedimento, como programas que unem sequências de fotos ou aparelhos sensíveis que registram superfícies. Após algumas experimentações, optei pelo processo realizado com escâner tridimensional manual, que detecta a superfície através de feixes infravermelhos e com o qual obtive mais acuidade e melhor desempenho. O primeiro escaneamento acrescentou deformações orgânicas sobre as superfícies bem delineadas do primeiro objeto, dando-lhe aspecto semelhante ao de derretimento. Ao comparar as duas impressões iniciais, nota-se que as linhas rígidas e precisas da *Liberator* contrastam com a aparência amolecida do segundo objeto. No decorrer das impressões, este contraste ampliou-se cada vez mais. Seu caráter bélico desvanecia a cada ciclo do processo.

Ao todo foram realizados sete ciclos do processo de escaneamento e impressão, obtendo sete objetos que compõem o trabalho. No quadro a seguir observamos alguns modelos

digitais e seus respectivos objetos impressos. As peças correspondem à 2ª, 4ª, 5ª, 6ª e 7ª fases do ciclo.

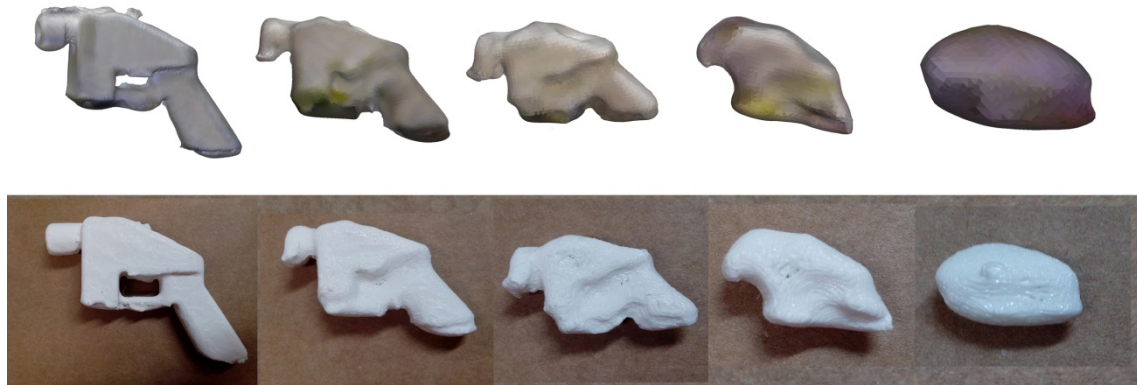


Figura 40: Quadro com os modelos digitais (acima) e o objetos impressos (abaixo).

A forma da pistola pressupõe a presença do corpo humano. Esta presença se encontra nas formas anatômicas que acomodam a mão para seu uso, como o cabo e o gatilho. Logo no início desta etapa, o desaparecimento do gatilho desarmou o objeto, perdendo-se com ele o gesto do atirador. Os índices de maneabilidade vão extinguindo-se pouco a pouco até que, chegando ao final do processo, já não há mais elementos de distinção do projeto inicial, deste o cano até cabo. A vocação bélica do objeto, contida em suas formas que induzem a projetar-se adiante contra um suposto inimigo, perde-se em uma massa disforme ao final, cuja desconstrução é resultante das limitações do processo que inicialmente a construiu.

A primeira aparição deste trabalho está prevista para a exposição FACTORS 1.0 (Festival de Arte, Ciência e Tecnologia do RS) a ser realizada de 20 a 22 de agosto de 2014, em evento promovido pelo Programa de Pós Graduação em Artes Visuais da Universidade Federal de Santa Maria. Os objetos serão acomodados individualmente em caixas de madeira, nas medidas 24,5 x 24,5 x 10 centímetros. O plano inicial de exposição prevê alocar as caixas na parede em alinhamento horizontal e na ordem em que foram produzidas, com sua desfiguração gradual sequenciada da direita para a esquerda.



Figura 41: peças que compõe *Deliberator*.

A gradual desfiguração à que *Liberator* foi submetida suscita chegar ao limite do objeto, neste caso o plástico que o compõe. Este material plástico é o que serve de base para a maior parte dos produtos da impressão 3D e esta quase onipresença implica em resumir qualquer objeto produzido nesta condição às mesmas características materiais.

Tudo parece habitar o mesmo patamar, independente de sua natureza ou função. O material plástico da impressão torna homogêneo um brinquedo, um corpo humano, uma escultura copiada de um original feito em mármore ou uma pistola. O caráter ofensivo da *Liberator* é suavizado pelo material plástico e frágil que a constitui. O que a tornou efetivamente um ícone bélico é o contexto construído pelos seus idealizadores, os ativistas da Defense Distributed e os desdobramentos gerados por sua polêmica.

Por fim, ao batizar o trabalho aproveitamos para inserir no título uma provocação ao público: o nome “Deliberator”, um trocadilho com o nome da arma partindo da palavra inglesa *deliberation*, que remete a discussão ou consideração sobre algo²⁴. Se o nome desta arma, baseado na histórica pistola da Segunda Guerra, significa “Libertadora”, o trabalho *Deliberator* faz um convite à reflexão sobre as implicações do emprego irrestrito desta liberdade com a impressão 3D a partir do caso emblemático da pistola.

²⁴ Em português também é possível associar a um significado similar, o da palavra deliberação, cujo um dos sentidos é o de discutir em torno de um assunto polêmico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na nossa pesquisa percebemos que há vários caminhos possíveis para os artistas se apropriarem da tecnologia de impressão 3D. Pensando além da reprodução de objetos funcionais, há artistas que realizam experimentações transpondo suas criações digitais para o plano físico, como é o caso de Marius Watz e Claudia Hart. Esta é a via mais natural dentro das possibilidades já esperadas da impressão 3D. Há ainda Karin Sander que vai além do modelo digital concebido no computador para a captura de formas já existentes, recontextualizando-as através da impressão 3D. No caso dos trabalhos *People 1:10* e *1:9,6*, a artista escaneia corpos e imprime seus modelos digitais em uma nova proporção.

Num diálogo com a produção massificada da indústria é possível estabelecer outros caminhos, como é apresentado pelo estúdio Unfold em *L'Artisan Electronique*. Há que se observar que nesse trabalho ocorre a modificação do dispositivo, fazendo-o dialogar com processos antigos e novos de produção de objetos. A impressão 3D é uma oportunidade de discutir a intervenção humana (ou sua ausência) no fazer das coisas.

Por outro lado, com uma visão mais arrojada das possibilidades da impressão 3D, o artista Leonel Moura propõe que esta tecnologia possa vir a ser a solução para máquinas auto-replicas, ou seja, que organismos artificiais possam reproduzir a si mesmos, e por extensão, produzir arte. Sob essa perspectiva, essa tecnologia seria a conexão entre criaturas do mundo virtual com o ambiente físico, sem intervenção humana. A provocação de Moura é interessante, mas é contraditória a partir do momento em que ainda se depende de humanos para manter as máquinas em funcionamento.

Sob o ponto de vista das implicações da tecnologia há o trabalho *Stranger Visions* de Heather Dewey-Hagborg, que parte da análise sobre traços genéticos para obter a figura de um rosto tridimensional. Aqui a impressão 3D é parte de um sistema que busca evidenciar a cultura da vigilância. Este trabalho tem uma preocupação social com possíveis consequências da vigilância genética e seu potencial uso indevido.

De todas essas possibilidades de apropriação da tecnologia em questão, poucas são aquelas que conseguem aliar a discussão sobre as especificidades do meio com os seus

desdobramentos sociais. O desafio do resultado prático desta pesquisa foi justamente operar dentro desta conjuntura. Assim, *Deliberator* logra discutir o próprio processo contido no universo da impressão 3D, envolvendo os desdobramentos sociais. Ele faz uso da metalinguagem da produção e as atuais limitações da própria tecnologia, que poeticamente colaboram para desconstruir a pistola *Liberator*. O processo de imprimir, escanear, imprimir, escanear, até o objeto modificar-se por completo, perder sua referência inicial, constitui-se em uma desconstrução assumidamente endógena. Também propõe repensar a ingenuidade de suas aplicações, através de usos que podem prejudicar pessoas. O trabalho se posiciona dentro de um viés pacifista ao desconstruir o signo da arma.

O surgimento da pistola *Liberator* de Cody Wilson fez com que se repensasse o entusiasmo inicial sobre o aparente caráter benéfico da impressão 3D. O futuro desta tecnologia, inicialmente entendido como revolucionário por confrontar paradigmas da indústria tradicional, terá de conviver com as *wiki-weapons*, enquanto estas continuarem a serem desenvolvidas e produzidas pelo mesmo caminho colaborativo que viabiliza a produção de outros tipos de objetos, como as próteses para dedos do projeto *Robohand*.

Conforme já discutido no primeiro capítulo, o pensador McLuhan nos coloca que as tecnologias provocam significativas mudanças na vida das pessoas. As implicações da impressão 3D estão muito além da mera aparência. Desde muito tempo os artistas já vêm refletindo o contexto industrial, traduzindo-o em novas propostas estéticas, ou mesmo, adotando os produtos industriais como a própria obra (como ocorreu no caso dos futuristas ou dos minimalistas). Ao nos depararmos com o prenúncio de uma nova condição industrial, estamos também diante de um potencial campo de futuras implicações. Na impressão 3D, não está somente em jogo tornar um modelo, um objeto físico, mas sim, uma mudança de escala de produção, que refletirá de modo significativo na sociedade e, por extensão, nas artes.

REFERÊNCIAS

- 3D PRINTING offers ability to print physical objects. *BBC News Technology*, 25 de novembro de 2010. Disponível em <<http://www.bbc.com/news/technology-11834044>>. Acesso em: 25 de julho de 2014.
- ARGAN, Giulio Carlo. **Arte Moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- ATIRADOR mata 20 crianças e 6 adultos em escola primária nos EUA; criminoso está morto. Portal de notícias UOL. 14 de dezembro de 2012. Disponível em:<<http://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/2012/12/14/atirador-invade-escola-primaria-nos-eua.htm>>. Acesso em: 10 de junho de 2014.
- BARLOW, John Perry. Vendendo Vinho Sem Garrafas, 10 de novembro de 2005. Disponível em <<http://www.cultura.gov.br/site/2005/11/10/vendendo-vinho-sem-garrafas-por-john-perry-barlow/>>. Acesso em: 15 de junho de 2014.
- BARTHES, Roland. **A câmara clara**. Lisboa: Edições 70, 2006.
- BASEL MORPHABLE MODEL. Disponível em:
<http://faces.cs.unibas.ch/bfm/main.php?nav=1-0&id=basel_face_model>.
Acesso em: 10 de junho de 2014.
- BATCHELOR, David. **Minimalismo**. São Paulo: Cosac & Naify Edições, 1999.
- BAUDELAIRE, Charles. **Poesia e prosa**. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1995.
- BAUDRILLARD, Jean. **O sistema dos objetos**. São Paulo: Perspectiva, 2009.
- CAETANO, Rodrigo. A nova revolução industrial. *ISTOÉ Dinheiro*, edição 718, 08 de julho de 2011. Disponível em <http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/60994_A+NOVA+REVOLUCAO+INDUSTRIAL>. Acesso em: 28 de abril de 2012.
- CLICK, Print, Gun: The Inside Story of the 3D-Printed Gun Movement. Produção: Erin Lee Carr. Estados Unidos: Motherboard, 2013. Documentário, 24 min, cores. Disponível em: < <http://motherboard.vice.com/read/click-print-gun-the-inside-story-of-the-3d-printed-gun-movement-video> >. Acesso em: 25 de abril de 2013.
- CLIEVER. [Site da empresa brasileira fabricante de impressoras 3D]. Disponível em <<http://www.cliever.com.br/>>. Acesso em: 28 de abril de 2014.
- CONTOUR CRAFTING. Site sobre o projeto Contour Crafting - Robotic Construction System. Disponível em: < <http://www.contourcrafting.org/> >. Acesso em: 11 de maio de 2014.
- COUCHOT, Edmond. **A tecnologia na arte: da fotografia à realidade virtual**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

- DAY, Peter. Will 3D printing revolutionise manufacturing? *BBC News Business*, 27 de julho de 2011. Disponível em <<http://www.bbc.co.uk/news/business-14282091>>. Acesso em: 20 de março de 2014.
- De SOUZA e Silva, Adriana. *Arte e tecnologias móveis: hibridizando espaços públicos*. In: PARENTE, André (org.). *Tramas da rede: novas dimensões filosóficas, estéticas e políticas da comunicação*. Porto Alegre: Sulina, 2004.
- DEFENSE DISTRIBUTED. Site da organização para criação e compartilhamento de arquivos de armas de fogo. Disponível em: <<http://defdist.org/>>. Acesso em: 26 de julho de 2014.
- DEFENSE DISTRIBUTED. WikiWep DevBlog. [Blog da Defense Distributed sobre as wiki- weapons]. Disponível em: <<http://defdist.tumblr.com/>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2014.
- DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. **Mil platôs: capitalismo e esquizofrenia**. São Paulo: Editora 34, 2000.
- DEWEY-HAGBORG, Heather. *Stranger Visions*. [Site do projeto da artista]. Disponível em: <<http://deweyhagborg.com/strangervisions/>>. Acesso em: 12 de maio de 2013.
- DUBOIS, Philippe. **O ato fotográfico**. Campinas: Papirus, 1993.
- FABRIS, Annateresa. **Identidades virtuais: uma leitura do retrato fotográfico**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004.
- FADON, Carlos. Tele-presença-ausência. In: *REVISTA TRILHAS*, v.6, n.1. Campinas: Instituto de Artes/Unicamp, 1997.
- GENSPACE. Biolaboratório comunitário da cidade de Nova Iorque. Disponível em: <<http://genspace.org/>>. Acesso em: 21 de maio de 2013.
- GERSHENFELD, Neil. *FAB - The coming revolution on your desktop - from personal computers to personal fabrication*. New York, Basic Books, 2005.
- GNU General Public License Version 3. GNU Operating System, 29 de junho de 2007. Disponível em <<http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html#SEC1>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2012.
- HART, Cláudia. *Mortifications*. Disponível em <<http://www.claudiahart.com/portfolio/silent.html>>. Acesso em: 07 de setembro de 2012.
- HORA, Daniel de Souza Neves. *Arte-hackeamento: diferença, dissenso e reprogramabilidade tecnológica*. Dissertação (Mestrado em Arte) - Departamento de Artes Visuais, Instituto de Artes, Universidade de Brasília, 2010.
- HUMPHREYS, Richard. **Futurismo**. São Paulo: Cosac & Naify Edições, 2001.

- IN PICTURES: Express yourself with 3-D printing. *BBC News Technology*, 25 de novembro de 2010. Disponível em <<http://www.bbc.com/news/technology-12921607>>. Acesso em: 23 de julho de 2014.
- KRAUSS, Rosalind E. **Caminhos da escultura moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- LAFER, Tiago. *Exílio*. São Paulo: Nomuque.net, 2002. Disponível em: <www.nomuque.net/signica>. Acesso em: 10 de julho de 2014.
- LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. 2ª edição. São Paulo: Editora 34, 1999.
- LONG, Garethlong. Video Solid. [Site sobre o projeto do artista Garethlong Long]. Disponível em: <<http://garethlong.net/videoSolid/videoSolid.html>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2012.
- MACHADO, Arlindo. **Arte e Mídia**. São Paulo: Jorge Zahar, 2007.
- MACMURTRIE, Chico. [Site do artista]. Disponível em: <<http://amorphicrobotworks.org/works/ttm/narrative.htm>> . Acesso em: 28 de março de 2014.
- MARTIN, Sylvia. **Video Art**. Colônia: Taschen, 2006.
- MCLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Cultrix, 1971.
- MINK, Janis. Marcel Duchamp – A arte como contra-arte. Colônia, Alemanha: Taschen, 1996.
- MISMETTI, Débora. Novo exame oferecido em SP permite imprimir feto em 3D. *Folha On Line*, 08 de abril de 2012. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/eqilibrioesaude/1072774-novo-exame-oferecido-em-sp-permite-imprimir-feto-em-3d.shtml>>. Acesso em: 10 de abril de 2012.
- MOURA, Leonel. *Evolution – A new kind of art* [Catálogo da exposição]. Lisboa: CPS Gallery, 2013a.
- MOURA, Leonel. Impressão 4D. *Jornal de negócios*. 18 de outubro de 2013b. Disponível em: <http://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/detalhe/impressao_4d.html>. Acesso em: 12 de janeiro de 2014.
- MOURA, Leonel. O grande artista do futuro não será humano: Leonel Moura at TEDxAveiro Vídeo. Aveiro, Portugal: TEDx, 2012. Disponível em <<http://youtu.be/JBXe7Ow8sYg>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2014.
- MOURA, Leonel. Revolução 3D. *Jornal de negócios*. 01 de março de 2013c. Disponível em: < http://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/detalhe/revolucao_3d.html >. Acesso em: 12 de janeiro de 2014.

- MOURA, Leonel; PEREIRA, Henrique Garcia (2004) Symbiotic Art Manifesto. Lisboa: s.n., 2004. Disponível em <www.leonelmoura.com/manifesto.html>. Acesso em: 12 de janeiro de 2014.
- MURPHY, Simon; MYERS, Russell. How Mail On Sunday 'printed' first plastic gun in UK using a 3D printer- and then took it on board Eurostar without being stopped in security scandal. 12 de maio de 2013. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2323158/How-Mail-On-Sunday-printed-plastic-gun-UK--took-board-Eurostar-stopped-security-scandal.html#ixzz35Ndr6miG>>. Acesso em: 20 de junho de 2013.
- NSW POLICE TEST The Liberator 3D Printed Gun. Austrália, 2013. 4 min. Vídeo digital. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7xjlqMw8FYE>>. Acesso em: 08 de agosto de 2014.
- ORCIUOLI, Affonso. O impacto das tecnologias de fabricação digital nos processos de design. *Revista aU*, junho de 2009. Disponível em <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/183/artigo141180-1.asp>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2012.
- ORCIUOLI, Affonso; CELANI, Gabriela. A tecnologia desvenda Gaudí. *Revista aU*, dezembro de 2008. Disponível em <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/177/artigo118594-2.asp>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2012.
- OSTROWER, Fayga. Universos da arte: edição comemorativa Fayga Ostrower. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- OSTROWER, Fayga. **Universos da arte: edição comemorativa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- PARENTE, André (org.). **Tramas da rede**. Porto Alegre: Sulina, 2004.
- PENA, Sergio Danilo. Dez anos de genoma humano. *Coluna eletrônica Deriva genética*. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/dez-anos-de-genoma-humano>>. Acesso em: 08 de julho de 2013.
- PENA, Sergio Danilo. Dez anos de genoma humano. *Coluna eletrônica Deriva genética*. 11 de junho de 2010. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/dez-anos-de-genoma-humano>>. Acesso em: 08 de julho de 2013.
- PUPO, Regiane Trevisan. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. *Revista PARC* vol.1 nº 3, novembro de 2008. Disponível em <<http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n3/vol1-n3-pupo.pdf>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2012.
- REPRAP. [Site do projeto colaborativo da impressora 3D de baixo custo e auto-replicável]. Disponível em: <www.reprap.org>. Acesso em 15 de agosto de 2012.

- RIFKIN, Jeremy. **A era do acesso**. São Paulo: Makron Books, 2001.
- ROBOTIC ART ROBOTIQUE [Catálogo da exposição]. Paris: Cité des Sciences et l'Industrie, Epidemic, 2014.
- SANDER, Karin. [Site da artista]. Disponível em:
<<http://www.karinsander.de/index.php?id=e>>. Acesso em: 09 de junho de 2013.
- SANTOS, Alckimar Luiz dos. **Leitura de nós: ciberespaço e literatura**. São Paulo: Itaú Cultural, 2003.
- SANTOS, Nara Cristina. Autopoiese: uma possível referência para compreender a arte como sistema. In: Anais do 16º Encontro Nacional da ANPAP. Sandra Regina Ramalho e Oliveira ; Sandra Makowiecky. (Org.). Florianópolis: ANPAP, UDESC, Clicdata, 2007.
- SMITH, Greg J. Means of Production: Fabbing and Digital Art. *Rhizome*, 04 de março de 2009. Disponível em <<http://rhizome.org/editorial/2009/mar/4/means-of-production-fabbing-and-digital-art/>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2012.
- SNPEDIA. [Site em plataforma wiki para pesquisa de genética humana]. Disponível em: <<http://snpedia.com/index.php/Appearance>>. Acesso em: 18 de maio de 2013.
- TEMKIN, Ann; OROZCO, Gabriel; BUCHLOH, Benjamin; FER, Briony. **Gabriel Orozco**. New York, The Museum of Modern Art, 2009.
- THE PIRATE BAY. [Site de compartilhamento de arquivos]. Disponível em:
<<http://thepiratebay.se>>. Acesso em: 20 de abril de 2012.
- THINGIVERSE. [Repositório de modelos digitais para impressão 3D]. Disponível em:
<<http://www.thingiverse.com/>>. Acesso em: 11 de março de 2014.
- TIROS EM COLUMBINE. Direção: Michael Moore. Canadá, Estados Unidos e Alemanha: Alliance Atlantis Communications, Dog Eat Dog Films, Iconolatry Productions Inc., 2002. Vídeo digital. 120 min. Título original: Bowling for Columbine.
- TOMKINS, Calvin. **Duchamp: uma biografia**. São Paulo: Cosac Naify, 2004.
- UNFOLD. L'artisan Electronique [Site do estúdio Unfold]. Disponível em :
<<http://www.unfold.be/pages/projects/items/l%E2%80%99artisan-electronique>>. Acesso em 09 de dezembro de 2012.
- URBEE: the natural way to drive. [Site sobre o projeto Urbee]. Disponível em
<<http://www.urbee.net>>. Acesso em: 11 de março de 2012.
- VICTORIA AND ALBERT MUSEUM. Site do museu Victoria and Albert. Disponível em: <<http://www.vam.ac.uk/content/exhibitions/london-design-festival-at-the-v-and-a-2013/what-is-the-future-of-3d-printing/>>. Acesso em: 20 de março de 2014.

WATZ, Marius. Object #1-3. Disponível em < <http://mariuswatz.com/2007/12/17/object-1-3/>>. Acesso em: 07 de setembro de 2012.

WIKIDOT. Plataformas Wiki [nota enciclopédica]. 06 de maio de 2011 (última alteração). Disponível em: <<http://pesquompile.wikidot.com/plataformas-wiki>>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

Áreas de conhecimento da titulação do Mestrado, conforme tabela CAPES

8.03.02.00-9 - artes plásticas