

18º Encontro internacional de Arte, Ciência Tecnologia

18th International Meeting of Art, Science and Technology

#18.ART

DA ADMIRÁVEL ORDEM DAS COISAS:

arte,
emoção
e tecnologia

OF THE ADMIRABLE ORDER OF THINGS:

art, emotion and technology

18º Encontro internacional de Arte, Ciência Tecnologia
18th International Meeting of Art, Science and Technology

Edição I Edition

MEDIA
LAB/BR

ISSN: 2238-0272

Monica Tavares¹, Priscila Guerra², Juliana Henno³, Marcelo Yamanoi⁴ and Carol Medina⁵

Desafios e práticas no âmbito de um laboratório universitário de fabricação digital em apoio a prática artística

Challenges and practices within a digital manufacturing laboratory of a university in support of the artistic practice

Resumo

Em um espaço de dez anos, laboratórios de fabricação digital – inicialmente dedicados a engenharia e desenho industrial – vêm se proliferando e ampliando sua abrangência para áreas diversas em que a prática experimental como meio para criação é elemento focal. Enquanto alguns destes laboratórios permitem o acesso livre a seus equipamentos ou, de modo diverso, são privados, outros são exclusivamente voltados para o suporte a atividades universitárias. O presente artigo tem por finalidade destacar a relevância da implantação de laboratórios de fabricação digital para o ensino, pesquisa e extensão, em contexto artístico acadêmico, com apresentação de caso específico do ModelaFab, Laboratório de Modelagem e Fabricação Digital do Departamento de Artes Plásticas da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP). Em primeiro lugar, apresentare-

1 Monica Tavares é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais da ECA-USP, bolsista de Produtividade em Pesquisa 2 do CNPq, líder do Grupo de Pesquisa em Arte, Design e Mídias Digitais (GP_ADMD) da ECA-USP, vinculado ao CNPq, professora aposentada do Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP, mbstavares@usp.br.

2 Priscila Guerra é mestre em Artes Visuais pela ECA/USP (2017). Bacharel e licenciada em Artes Visuais pela UNICAMP (2013). É professora temporária no curso de graduação em Artes Visuais da ECA-USP, Edital 14/2018/ECA. priscilaguerra06@gmail.com.

3 Doutora e Mestre em Artes Visuais pela Escola de Comunicações e Artes (ECA-USP). Graduada em Desenho Industrial pela Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP). É vice-líder do grupo de pesquisa GP_ADMD (Arte, Design e Mídias Digitais) da ECA-USP. julianahenno@gmail.com.

4 Marcelo Yamanoi é graduando em Artes Visuais com Habilitação em Escultura pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA/USP). Monitor do ModelaFab, Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais do CAP-ECA-USP, com bolsa PUB/USP 2018-2019.

5 Carol Medina é graduanda em Artes Visuais com Habilitação em Multimídia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA/USP). Monitora do ModelaFab, Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais do CAP-ECA-USP, com bolsa PUB/USP 2018-2019.

mos os desafios decorrentes da implementação de um laboratório universitário de fabricação digital; em segundo lugar, exporemos o processo de instalação do ModelaFab, sua estrutura e as atividades nele – até aqui – desenvolvidas.

Palavras-chave: Fabricação digital, Ensino, Pesquisa, Extensão, Artes Visuais.

Abstract/resumen/resumé

In a period of ten years, digital manufacturing laboratories - initially dedicated to engineering and industrial design - have been proliferating and expanding their scope for a variety of application areas in which experimental practice as a medium for creation is a focal element. While some of these laboratories allow free access to their equipment or are otherwise private, others are exclusively focused at supporting university activities. This article aims to highlight the relevance of the implantation of digital manufacturing laboratories for teaching, research and extension, in an academic artistic context, by the presentation of ModelaFab, a Modeling and Digital Manufacturing Laboratory that is part of the Department of Fine Arts of the School of Communications and Arts of the University of São Paulo (ECA-USP). In the first place, we will present the challenges arising from the implementation of a university laboratory of digital manufacturing; secondly, we will expose the process of installing ModelaFab, its structure and the activities there developed up to now.

Keywords/Palabras clave/Mots clefs: Digital Manufacturing, Teaching, Research, Extension, Visual arts.

Desafios inerentes a laboratórios universitários de fabricação digital

A sociedade digital funciona com base em princípios e inovações desenvolvidos em laboratórios de pesquisa distribuídos em todo o mundo. Há uma grande proliferação de laboratórios de mídias e, como acrescenta Tanaka (2011), eles podem ser classificados em laboratórios industriais, laboratórios de arte, laboratórios universitários e laboratórios incorporados em comunidades locais. O autor lembra que não há uma definição única para os laboratórios vinculados às mídias digitais e entende que, com a rápida democratização da tecnologia, a relevância social e o propósito dos laboratórios de mídias mudam de um enfoque puramente tecnológico para um viés social.

Tal diversidade de espaços também ocorre no âmbito dos laboratórios de fabricação digital. Guardando especificidades inerentes às atividades neles desenvolvidas, esses locais podem ser também denominados como *FabLabs*, *MakerSpaces*, *HackerSpaces*, etc; todavia, o desafio premente desses espaços colaborativos é estimular a criatividade e a inovação, por meio da troca e do compartilhamento de informações, conhecimento e experiência.

Apesar de inicialmente serem utilizados por áreas como engenharia e desenho industrial⁶, visando principalmente o desenvolvimento de protótipos, os laboratórios de fabricação digital podem ser também considerados como espaços para produção criativa ligados às mais diversas áreas, tais como artes, arquitetura, *design*, engenharia, etc. Esses locais proporcionam oportunidade de experimentação de novos materiais, ideias e métodos no ato de projetar e representar um determinado objeto. Eles utilizam tecnologias digitais e analógicas para a difusão de habilidades técnicas e a criação de novos produtos.

No caso dos laboratórios de fabricação digitais vinculados a universidades, estes são locais em que atividades de ensino, pesquisa e extensão se desenvolvem; tais ações se viabilizam por meio da troca de conhecimento entre os seus usuários.

O interesse pela prática criativa nestes espaços pode ser atribuído ao movimento *maker* que se iniciou fora do sistema universitário, e teve como fundamento a cultura do *Do-It-Yourself (DIY)*, cujos três princípios básicos são os seguintes: a) uso de ferramentas digitais para criação de projetos e prototipagem de novos produtos (*DIY digital*); b) compartilhamento de projetos e colaboração *online* com outras comunidades; c) uso compartilhado de arquivos-padrão, possibilitando o envio de projetos para fabricação em serviços de produção comercial (Anderson, 2012, p.21).

Atualmente, pesquisadores diversos retratam a atitude das comunidades *DIY* como anti-consumistas, rebeldes e criativas, privilegiando uma tendência a produzir em vez da vocação por simplesmente comprar (Maldini, 2016, p.142 – a partir de Kuznetsov e Paulos, 2010). Segundo a autora, o desenvolvimento do movimento *DIY* digital tem sido acompanhado por um vasto discurso ideológico, visível principalmente na mídia popular, mas também influenciando a produção acadêmica.

Por exemplo, como diz Anderson (2016, p. 25), a personalização e a produção em pequenos lotes não são mais impossíveis, são, na verdade, o futuro. Anderson (2012) anuncia uma “nova revolução industrial”, baseada, conforme Maldini (2016, p. 142), na possibilidade de substituição do modelo tradicional de produção em massa por um sistema complexo e orgânico, no qual os usuários podem criar seus próprios projetos, podem fabricá-los em escala doméstica e compartilhá-los *online*.

Todavia, a autora (2016, p. 143) ressalta que, apesar de o modelo de *DIY* digital aumentar certamente a agência dos usuários e lhes dar autonomia em relação aos

6 Conforme Henno (2016, p.75), atualmente enquanto a Engenharia Mecânica tem produzido partes de motores metálicos para as indústrias espacial e automotiva, a Engenharia Civil com a Arquitetura vêm produzindo até casas inteiras por meio da fabricação digital. Outra área que se beneficia com a fabricação digital é a Odontologia, com a realização de coroas dentárias personalizadas para a estrutura bucal. Também na Medicina, a fabricação digital tem produzido um grande impacto, com a produção de implantes, próteses e medicamentos.

fabricantes – presumivelmente resultando em uma produção material muito mais focada nas suas preferências e necessidades individuais – há muitas outras expectativas que emergem desse cenário. A partir de uma pesquisa etnográfica, entrevistando pessoas que usaram ferramentas de fabricação digital para produção de objetos para uso próprio nos últimos cinco anos, Maldini chega às seguintes considerações: a) não há substituição dos objetos produzidos em massa pelos objetos da produção *DIY* digital; em vez disso, gera-se um novo tipo de produto, aumentando a precisão e a relevância do *DIY*; b) ocorre por parte dos criadores uma valorização e uma identificação com os objetos produzidos; e c) esse forte apego ao projeto, no entanto, não implica que os resultados materiais sejam insubstituíveis (e, portanto, mais duráveis); pelo contrário, os criadores consideram que seus objetos podem facilmente ser substituíveis.

Maldini (2016, p. 154) ainda afirma que os sentimentos descritos pelos participantes da pesquisa em relação à sua experiência parecem intimamente relacionados ao sentimento de “fluxo”, descrito por Mihaly Csikszentmihalyi (1991). Ao fazer as coisas acontecerem, em vez de serem comandadas por agenciamentos externos, as pessoas, de certa forma, sentem-se no controle de suas vidas. Para a autora, este é o real valor do *DIY* digital: enfim, capacita os usuários a satisfazerem suas necessidades de maneira autônoma, resultando em uma cultura material, diversa e de “escala humana”, propiciando sentimentos de prazer e realização resultantes da ação. No entanto, mesmo considerando esse impacto positivo, Maldini ainda observa que se deve ter em mente as implicações da popularidade dessa tecnologia para o meio ambiente, uma vez que tal tecnologia implica uma produção de material facilmente acessível e distribuível (cada vez mais crescente)⁷.

Ademais, sem perdermos de vista as implicações antes referidas, tem-se ainda que, no âmbito das universidades, tais espaços podem, segundo Barrett *et al* (2015), responder à necessidade do estabelecimento de retroalimentações entre teoria e prática, fornecendo meios extra-curriculares para que os alunos participem de mais projetos práticos e desenvolvam uma grande variedade de habilidades. Segundo o autor, os espaços *makers* vão além do ambiente tradicional de oficinas, oferecendo acesso a equipamentos de prototipagem rápida e espaços de *design* conceitual. Podem, além disso, servir como complemento para os cursos (de graduação e pós-graduação), trazendo benefícios inerentes à habilidade na construção de modelos físicos, assim como à instauração de ambientes de aprendizagem informais, também abertos à comunidade.

7 Alinhado à preocupação com o meio ambiente, propõe-se no movimento *DIY* expandido, a mudança do “fabricar” para o “reparar” (Bidoret, 2014). Nesse sentido, a figura do *maker* como indivíduo “faz tudo”, seria atualizada para *fixer* (reparador), ou *remaker* (refazedor), pois este reutilizaria objetos e produtos fabricados a partir de modificações, recontextualização e combinações.

Já sob o ponto de vista da prática desenvolvida nos laboratórios de fabricação digital, cabe ressaltar a sua importância para a educação, muito bem explicitada por Blikstein (2013, pp.206-207). Essa relevância se sustenta, conforme o autor, na assunção de que a educação deve ser mais experimental e conectada a objetos do mundo real, ideia originalmente atribuída a John Dewey, mas também a muitos outros estudiosos e inovadores como Dewey (1902), Freudenthal (1973), Fröbel e Hailmann (1901), Montessori (1964, 1965) e von Glasersfeld (1984).

Na mesma linha, Blikstein (2013, pp.206-207) refere a contribuição de Freire, em particular, a que critica a abordagem da “educação bancária” da escola (Freire, 1974, p. 57) e a descontextualização do currículo (Freire, 1974), assim como a colaboração da noção de construcionismo de Seymour Papert (1980), que se baseia no construtivismo de Piaget. Na perspectiva de uma educação experimental, o construcionismo preconiza a ideia de a construção do conhecimento acontecer de modo fluente nas situações em que os alunos constroem, fazem e compartilham publicamente os seus objetos. Assim sendo, ao defender o uso de computadores na educação, as razões de Papert estão longe de ser de raiz tecnocêntrica, mas sim, são entendidas a partir da noção de ferramentas emancipatórias, que colocam os materiais de construção nas mãos de estudantes. Enfim, essas máquinas protéticas, que permitem aos alunos projetar e construir, atendem a muitas formas de trabalho, expressão e construção. Como complementa Blikstein (2013, p.207), a qualidade, inerente à tecnologia, de camaleonicamente se adaptar, permite o reconhecimento e a adoção de diferentes estilos de aprendizagem e epistemologias, gerando um ambiente de convívio no qual os alunos podem concretizar suas ideias e projetos com intenso envolvimento pessoal.

Contudo, por mais encantadoras que sejam as possibilidades do continuum entre projeto e produção (Kolarevic, 2003, p. 10), deve-se estar atento a distintos cenários (negativos e positivos) levantados por Blikstein (2013, pp.210-219) e relativos à utilização da fabricação digital na educação. A seguir, não desconsiderando que o discurso desse último autor se circunscreve ao âmbito da escola, acreditamos ser possível transpor os principais desafios a se considerar nas atividades desenvolvidas em um laboratório de fabricação digital no contexto da universidade. Os cenários serão, aqui, retratados de maneira sintética e destacando aspectos, tomados em relação ao âmbito universitário de um curso de artes visuais.

O primeiro cenário diz respeito aos perigos de se privilegiar um uso banalizado dos equipamentos, prática em que o produto se sobressaia em relação ao processo. Tal fato demanda dos educadores a necessidade de se esquivar dos projetos de demonstração rápida e levar os alunos a empreendimentos mais complexos.

Não havendo uma única e certa maneira de responder ao problema enunciado, do que decorre uma prática exploratória para alcance da solução do problema, o segundo cenário se refere ao potencial de os laboratórios de fabricação digital proporcionarem um

ambiente para experiências viscerais de *design*, que podem levar a níveis de envolvimento tanto de frustração quanto de excitação, normalmente não comuns à experiência cotidiana na universidade.

O terceiro cenário corresponde ao poder do trabalho interdisciplinar, desenvolvido em um laboratório de fabricação digital. As fronteiras artificiais entre disciplinas são completamente reconfiguradas; por exemplo, a música e a robótica podem se tornar estreitamente relacionadas; tal riqueza resulta em um ambiente intelectual mais diversificado e acolhedor. O professor é muito mais um facilitador.

O quarto, se relaciona à aprendizagem contextualizada em ciência, tecnologia, engenharia e matemática; e claro, devemos acrescentar as artes e a geometria computacional. Os alunos têm a oportunidade de se deparar com vários conceitos de uma maneira altamente significativa, envolvente e contextualizada.

Por fim, o último e quinto desafio na prática de um laboratório de fabricação digital no âmbito da educação é a intelectualização e a reavaliação de práticas familiares, ao invés de sua substituição. Os alunos trazem suas próprias práticas, experiências, repertórios, poéticas para o laboratório (artesanato, construção, carpintaria, etc); e, sobretudo, tais práticas devem ser valorizadas. A maleabilidade dos equipamentos e o espaço pedagógico em laboratório viabilizam o aumento e o acolhimento de tais práticas, gerando um ambiente que valoriza múltiplas formas de trabalho.

Portanto, considerando as implicações até aqui expostas inerentes a um laboratório de fabricação digital, a nossa intenção, a seguir, é apresentar o ModelaFab, Laboratório de Modelagem e Fabricação Digital do Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP, destacando atividades nele desenvolvidas que atenderam ao clássico tripé das atividades universitárias: ensino, pesquisa e extensão.

Do ModelaFab

O Laboratório de Modelagem e Fabricação Digital – ModelaFab, do Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP – iniciou suas atividades no ano de 2013. Naquele momento, localizava-se no prédio do Departamento de Artes Plásticas. Contudo, em razão da inadequação de espaço físico, as suas atividades eram bem restritas, sendo o seu uso limitado somente às disciplinas de representação gráfica do curso de Artes Plásticas. Primeiramente, com verba proveniente do Convênio Pró-Equipamentos – Edital CAPES nº 25/2011 – foi adquirida máquina a laser de corte plano. Posteriormente, também com auxílio proveniente do Convênio Pró-Equipamentos, mas do Edital CAPES Pró-Equipamentos nº 024/2012, foi viabilizada a compra de outros equipamentos vinculados à tecnologia de impressão 3D e fresagem digital. Mais recentemente, em agosto de 2018, o Laboratório de Modelagem e Fabricação Digital passou a se localizar no Espaço das Artes (EdA), da Universidade

de São Paulo (USP), onde foi possível a distribuição adequada de todos os equipamentos em um único espaço.

O ModelaFab é um espaço voltado para o desenvolvimento de projetos de artes e *design* a partir da utilização das técnicas de fabricação digital. O processo de elaboração de projetos envolve inicialmente a produção de modelos digitais por meio de programas de desenho bidimensional e tridimensional, como por exemplo: *Inkscape*, *Illustrator*, *AutoCAD* – para estruturas 2D; *Blender*, *3ds Max* e *Rhinoceros* – para estruturas 3D. Esses programas integram uma etapa do processo da fabricação digital chamada Desenho Auxiliado por Computador ou CAD (*Computer Aided-Design*). Os objetos e estruturas modeladas, visualizadas no computador, contudo impalpáveis, podem se tornar objetos físicos e adquirir outras materialidades. Para que isso ocorra, programas intermediários na comunicação entre desenhos bi e tridimensionais e máquinas (cortadora a laser, impressoras 3D e fresadora digital) são utilizados. Esses programas constituem etapa de Manufatura Auxiliada por Computador ou CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Por meio do CAM, é possível determinar parâmetros de como o desenho será realizado mecanicamente. Normalmente esses programas são específicos para os determinados tipos de marcas de máquinas.

Para viabilizar a representação física de um objeto, o CAM gera um código denominado G-code, que é uma linguagem utilizada para a programação de controle numérico. Desse modo, são determinadas as coordenadas de operação mecânica das máquinas, que funcionam, assim, por Comando Numérico Computadorizado ou CNC (*Computer Numerical Control*). Essas três etapas realizam o processo de transformação de uma forma impalpável em palpável.

O ModelaFab contém três tipos de tecnologias de controle numérico computadorizado, com as quais é possível realizar projetos por meio de processos diferentes (cada projeto requer avaliação sobre o melhor processo e maquinário a ser utilizado):

Processo subtrativo: nesse processo, conforme o próprio nome sugere, há remoção de material, em método semelhante ao entalhe artesanal (Kolarevic, 2001, p.271). A fresadora CNC é utilizada nesse processo, pois permite esculpir blocos de material com espessuras variadas. A ferramenta de corte utilizada é a fresa, que realiza perfurações e cortes laterais, o que difere da broca, muito semelhante em formato, contudo, que realiza operações em uma única direção, como perfurações com furadeiras.

Existem fresadoras com formatos e finalidades diferentes. O ModelaFab possui uma fresadora modelo de grande formato (Figuras 1a, 1b), que permite a utilização de uma variedade maior de materiais⁸, além de para a produção de objetos de arte e *design*.

8 Alguns exemplos de materiais são MDF, Compensado, Isopor, entre outros.



Figuras 1a (detalhe), 1b (visão geral). Fresadora *CNC Router* modelo Raptor 1313. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Equipe ModelaFab

Processo 2D: nesse processo, realiza-se corte controlado numericamente em duas dimensões. Máquinas como cortadora a jato d'água, *plotter* de recorte e cortadora a laser são exemplos que executam esse processo (Kolarevic, 2001, p.269). O ModelaFab conta com um modelo da marca Ruijie Laser (Figuras 2a, 2b).



Figuras 2a (detalhe), 2b (visão geral). Cortadora a Laser Ruijie Laser, modelo RJ-1060. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Equipe ModelaFab

Processo aditivo: materiais são acrescentados camada a camada para se formar o objeto. As impressoras 3D realizam esse processo. Dentre diversos tipos de impressão 3D, o sistema *FDM (Fused Deposition Modeling)*, modelagem por fusão e deposição de material, é o mais comum. As opções de material podem variar dependendo do modelo de impressora com a qual se trabalha, contudo, dois tipos de plásticos são os mais comumente utilizados: ABS (acrilonitrila butadieno estireno), termoplástico resistente, derivado do petróleo (Micallef, 2015, p.99); e PLA (ácido polilático), termoplástico biodegradável, que possibilita ter uma riqueza de detalhes (Micallef, 2015, p.99). O ModelaFab possui dois modelos grandes e um pequeno de impressoras 3DCloner (Figuras 3a, 3b).



Figuras 3a (detalhe), 3b (visão geral). Impressoras 3DCloner modelo ST e um dos computadores disponíveis no espaço. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Equipe ModelaFab

Estrutura do ModelaFab

O ModelaFab possui máquinas anteriormente referidas: uma fresadora *CNC Router*, modelo Raptor 1313, uma cortadora a *laser* Ruijie Laser, modelo RJ-1060, duas impressoras 3DCloner, modelo ST e uma impressora modelo DH. Também possui um *Kit Arduino* como componente eletrônico. Em questões de infraestrutura, apresenta três computadores com diversos *software instalados (Inkscape, Illustrator, Blender, 3ds Max, Arduino, entre outros)*, mesas, dois armários para armazenar ferramentas, materiais e equipamentos.

A partir da configuração do espaço físico do Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais é organizada a dinâmica de funcionamento, que envolve a composição de

uma equipe de trabalho composta por monitores (alunos da graduação do Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP), supervisores e coordenadores (docentes do CAP-ECA-USP). As atividades conduzidas pela equipe do ModelaFab abrangem o desenvolvimento das seguintes ações: elaboração de materiais de apoio e mostruários de materiais e propriedades das máquinas, que auxiliam tanto a equipe quanto os usuários – alunos, professores e participantes externos – na compreensão do funcionamento das tecnologias disponíveis, e o desenvolvimento da identidade e da comunicação visuais, que caracterizam e organizam a utilização do espaço. Além de atividades que envolvem a estrutura do Laboratório (Figuras 4a, 4b), propõem-se também o oferecimento de disciplinas, *workshops*, e supervisão de projetos de usuários. Desse modo, pretende-se iniciar um movimento contínuo de ensino, pesquisa e extensão com as possibilidades de uso da fabricação digital em ambiente acadêmico artístico. No tópico seguinte, demonstraremos resultados das principais atividades desenvolvidas no ModelaFab, quando já localizado no EdA, e realizadas entre os períodos de Agosto de 2018 a Junho de 2019.



Figuras 4a (detalhe), 4b (visão geral). Estrutura e composição do laboratório. Mesas e cadeiras disponíveis no espaço. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Ministrantes da disciplina

Resultados das atividades sediadas no EdA

Ministração de disciplinas de pós-graduação

Em agosto e setembro de 2018, foi ministrada a disciplina “Arte e os Processos Digitais de Fabricação” (CAP-5029), pelos professores Monica Tavares, Juliana Henno e Gilberto Prado. A disciplina pretendeu investigar como as tecnologias de fabricação digital vêm influenciando o desenvolvimento do processo criativo no contexto da arte. Mais especificamente, visou promover análise crítica acerca de como tais

sistemas digitais podem potencializar a criação, com vistas a serem utilizados como instrumento e forma inovadora de representação. Além do mais, o curso intentou criar um foro de discussão sobre temas de investigação na confluência da arte e dos processos digitais de fabricação.

O curso se desenvolveu a partir das seguintes atividades: aulas expositivas com discussões em grupo sobre a bibliografia indicada; aulas práticas no ModelaFab; palestras de artistas e pesquisadores convidados, com vistas a compartilharem informação sobre tópicos do conteúdo proposto; seminários destinados a articular conhecimentos que problematizem as relações entre arte e processos digitais de produção.

O curso se justificou dado ao incremento substancial do uso dos sistemas digitais de fabricação no domínio da arte, concretamente no desenvolvimento de práticas criativas mediadas pelo sistema CAD/CAM.

O uso do sistema CAD/CAM tem potencializado o surgimento de soluções criativas inovadoras, que reivindicam consigo uma tendência à fabricação de objetos singulares e customizados. Tal categoria de criação vem destacando uma vocação para o processo de “manufatura digital” (*digital craft*), em que a prática artesanal vê-se intrinsecamente aliada aos sistemas digitais de fabricação.

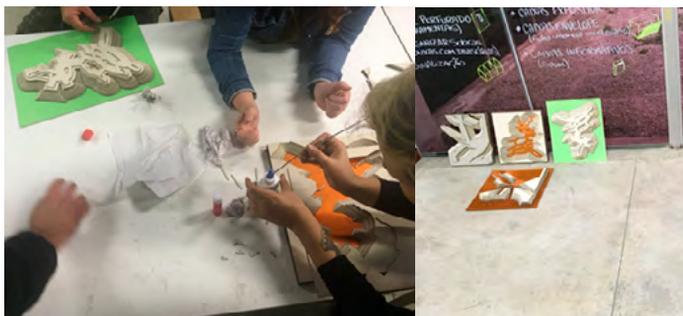
Ao partir de conteúdos específicos na confluência da arte e das tecnologias de fabricação digital – o fluxo CAD/CAM e o processo de criação; a simulação e a fabricação digitais no contexto das poéticas visuais; os sistemas de fabricação digital; produção em massa x produção customizada; multiplicidade; FabLabs, MakerSpaces, HackerSpaces; a “manufatura digital” (*digital craft*); sistemas paramétricos e sistemas generativos; a complexidade como instrumento de criação; as etapas do processo de produção: da criação à fabricação –, a disciplina procurou capacitar artistas e *designers* para o emprego dessas tecnologias como instrumento de criação.

Dentre as atividades práticas realizadas pelos alunos da pós-graduação estão experimentos que dialogam com as diferentes tecnologias do laboratório. O primeiro deles foi uma atividade de desenvolvimento de um algoritmo gerativo (não digital) que sintetizasse as etapas de construção de uma forma. Para tanto, teve-se como base o agrupamento de tiras de E.V.A., cortadas a *laser*. Nestas tiras, foram registrados cortes, localizados em posições específicas e utilizados para referência de codificação da sintaxe que deu origem ao algoritmo. A peça assim configurada foi multiplicada (Figuras 5a, 5b) para geração de arranjos de elementos. A partir destas configurações, geradas nessa primeira atividade, foi proposto um segundo exercício. Neste caso, os alunos utilizaram a ferramenta CAD para criar novas organizações formais. Esta nova atividade se estabeleceu a partir de uma seleção formal – um recorte realizado tendo em referência as estruturas geradas no primeiro exercício –, e da qual decorreu uma superfície, necessariamente delimitada. Cada superfície re-

tratada sofreu sucessivas ampliações com uma determinada relação de semelhança, assegurando-se a geração de formas semelhantes (aquelas que possuem ângulos homólogos iguais e segmentos homólogos proporcionais), a serem dispostas umas sobre as outras. Cada superfície semelhante, assim gerada, foi seccionada na máquina de corte a *laser* e empilhada para se obter uma tridimensionalidade (Figuras 6a, 6b). De modo a experimentar os processos relacionados com a modelagem 3D, na terceira atividade, os participantes utilizaram um *scanner* 3D para obter a volumetria de seu busto e posteriormente editá-la utilizando um *software* de tratamento de superfície, antes de executar a impressão 3D (Figura 7). A modelagem 3D em ambiente virtual também foi realizada na medida em que os participantes foram introduzidos ao *software* *TinkerCAD* (Figura 8) e a partir daí puderam desdobrar a forma 3D obtida em uma planificação bidimensional passível de ser cortada pela máquina de corte a *laser*, e através de dobras e vincos recuperar a referência do formato original.



Figuras 5a (montagem), 5b (estruturas formadas). Arranjos de elementos seguindo definições estabelecidas pelos participantes a partir da utilização de formas originalmente geradas pelo agrupamento de tiras de E.V.A., cortadas a *laser*. Fonte: Ministrantes da disciplina



Figuras 6a (montagem), 6b (estruturas formadas). Exemplos de organizações formais gerados por empilhamento de formas semelhantes, sendo coladas camada por camada.

Fonte: Ministrantes da disciplina



Figura 7. Bustos impressos em 3D.

Fonte: Ministrantes da disciplina

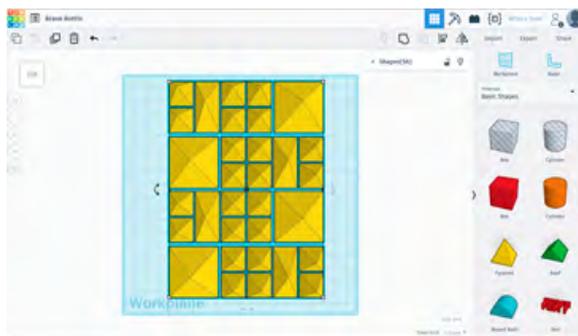


Figura 8. Construindo uma superfície modular no software TinkerCAD.

Fonte: Ministrantes da disciplina

Ministração de disciplinas de graduação

No primeiro semestre de 2019, foi ministrada a disciplina “Prática de Multimídia e Intermídia II” (CAP-0280), pela professora Priscila Guerra. A proposta da disciplina foi apresentar e discutir o processo criativo do artista, com a possibilidade de ampliação de seu potencial com o uso da fabricação digital. De natureza prática, a maior parte do curso foi destinada à orientação de trabalhos finais e, dessa forma, as aulas foram dedicadas à elaboração de projetos, com etapas tanto de desenvolvimento de protótipos, quanto de fabricação dos objetos finais. Aliado a isso, procurou-se demonstrar de modo teórico-prático a possibilidade de se empregar a poética da

recodificação, mais especificamente, partiu-se da reutilização de estruturas simbólicas com o objetivo de estimular combinações de processos, tecnologias, imagens e objetos no âmbito da prática artística.

Para tanto, o curso foi estruturado em aulas expositivas com introdução à fabricação digital, e a processos de montagem, colagem e bricolagem (para cada processo procurou-se abranger exemplos de trabalhos artísticos produzidos com a fabricação digital). As aulas expositivas foram distribuídas ao longo do curso, que também promoveu aulas práticas visando desenvolver conhecimentos ligados à elaboração de trabalhos com o auxílio da fabricação digital. Foi dado enfoque à cortadora a *laser*, de modo a explorar, de forma aprofundada, soluções de planificação, encaixe e empilhamento em exercícios, que pretenderam estimular a produção de estruturas criativas, partindo do bidimensional ao tridimensional.

Conjuntamente, procurou-se conduzir aulas práticas (atelês) com outras temáticas focadas no auxílio do desenvolvimento dos projetos dos alunos, foram elas: a utilização do *Inkscape* e *LaserCut*, *Blender*, *ClonerGen3D* e *ClonerMake3D*, Eletrônica e Programação com Arduino (LED e potenciômetro). Houve documentação fotográfica do processo de elaboração dos trabalhos, o que possibilitou verificar seu aperfeiçoamento no desenvolvimento dos processos criativos, assim como, assegurou-se o aproveitamento das discussões realizadas em aulas expositivas, garantindo *feedback* entre teoria e prática. De modo geral, os trabalhos se caracterizaram por conjuntos de peças conceitualmente coerentes, que estabeleceram relações entre si; propuseram mescla entre técnicas e tecnologias, e apresentaram acabamento aprimorado.

Cabe também salientar, que na etapa de desenvolvimento de protótipos, os alunos se depararam desafiando as tecnologias (cortadora a *laser* e impressora 3D), no sentido de criação de estruturas complexas, reforçadas pela escolha de materiais. A série de tentativas e erros experienciada pelos alunos, particular desse momento do curso, sugeriu diálogo com o segundo cenário de desafios a se considerar nas atividades desenvolvidas em um laboratório de fabricação digital no contexto da universidade, apresentado no primeiro tópico deste artigo.

Ministração de Workshops

O primeiro *workshop* oferecido pela equipe do ModelaFab ocorreu nos dias 22/04, 29/04, 06/05 e 13/05 de 2019, às segundas-feiras, das 14h às 16h, resultando em um total de 8 horas de atividades.

O primeiro encontro “Introdução à Fabricação Digital” foi de ordem teórica, e teve a intenção de apresentar os equipamentos e maquinários existentes no laboratório, além de tecnologias e procedimentos complementares. Prezou-se por evidenciar os primórdios dos laboratórios de fabricação digital, processos envolvidos (processo

2D, aditivo e subtrativo), e a dinâmica do sistema (*CAD, CAM e CNC*). Em seguida, foram apresentados o espaço e as máquinas disponíveis no Laboratório, e exemplos de artistas que utilizam as tecnologias demonstradas na criação de suas obras. Na demonstração das possibilidades de elaboração de obras com a fabricação digital, foi enfatizado o tempo de execução reduzido, precisão técnica e de acabamento, e novas formas de conceber e executar projetos, que acarretam novas propostas de envolvimento da percepção do público.

O segundo encontro “Estêncil com Cortadora a Laser” foi proposto com a intenção de demonstrar a possibilidade de mescla de meios artesanais, de massa e digitais. Foi introduzido o *software* livre Inkscape, assim como em todos os outros encontros priorizou-se o uso de programas livres. Os participantes⁹ realizaram projetos de estêncil que foram cortados a *laser* (Figura 9), e houve a possibilidade de discutir adaptações nos desenhos (*CAD*). No segundo encontro também foi demonstrado o funcionamento da fresadora *CNC*, com exemplo de corte de um círculo de 6cm de diâmetro. Pelo fato de possuir uma complexidade maior em nível de execução, e requerer profissionais qualificados no manuseio da máquina, não foram propostos desenhos a serem cortados com essa tecnologia.



Figura 9. Resultado do *workshop* “Estêncil com Cortadora a Laser”, realizado no dia 29/04/2019 das 14h às 16h. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Ministrantes do *workshop*.

9 A primeira sequência de *workshops* oferecidos pela equipe do ModelaFab contou com 15 participantes inscritos, entre alunos e professores do CAP-ECA-USP e PPGAV ECA-USP.

O terceiro encontro, “Modelagem 3D com *Tinkercad*”, apresentou o programa livre online *Tinkercad* como interface simples e didática de modelagem tridimensional, e propôs o desenvolvimento de peças pelos participantes. Também houve continuação do segundo workshop com a aplicação do estêncil em papel kraft, conforme apresentado na Figura 9.

O quarto encontro “Escaneamento e Impressão 3D” apresentou as propriedades da impressora 3D, materiais utilizados, parâmetros que podem ser escolhidos e suas diferenças, e foi utilizada uma peça modelo elaborada por um dos participantes, para ser impressa durante o workshop. Em um segundo momento, foi realizada uma dinâmica de escaneamento tridimensional com o uso do aplicativo para *smartphone* *Android SCANN 3D*, que permite retirar um conjunto de fotografias, que em seguida são processadas sob um formato tridimensional (Figuras 10 e 11), passível de ser exportado em formato aceito para leitura de programas CAD e CAM (.STL).



Figura 10. Processamento da sequência de imagens capturadas com o aplicativo para *smartphone* *Android SCANN 3D*. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Ministrantes do *workshop*.



Figura 11. Resultado tridimensional do processamento de imagens capturadas no aplicativo *SCANN 3D*. O objeto foi posteriormente editado no programa *Meshmixer* da *Autodesk*. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Ministrantes do *workshop*.

As propostas temáticas dos *workshops* foram direcionadas para o campo artístico e as atividades foram distribuídas entre a equipe do ModelaFab. Os resultados desse conjunto de *workshops* foram satisfatórios, ao se notar o interesse dos participantes no desenvolvimento das atividades, na exploração dos recursos e na possibilidade de realização de estudos com/sobre a fabricação digital¹⁰. Os programas selecionados pela equipe para modelagem digital se mostraram apropriados, ao se considerar a facilidade de uso em um primeiro contato com as tecnologias apresentadas.

Elaboração de material de apoio

A equipe do ModelaFab tem desenvolvido material de apoio e mostruário com propriedades da cortadora a *laser*. Para o mostruário, foi elaborado um desenho padrão a ser aplicado em todos os materiais para corte (Figura 12). Procura-se elaborar uma estrutura passível de manipulação pelos usuários do espaço, de modo a identifiquem os materiais possíveis de serem cortados, dentre eles tipos de papéis, plásticos, madeiras e tecidos. Junto a esse processo, tem sido elaborada uma planilha com indicação de materiais cortados e suas propriedades, como cores e espessuras, além de configurações de valores de potência e velocidade, para corte, e potência e velocidade, para gravação, de linha e de área.

¹⁰ De modo geral, usuários têm demonstrado interesse em explorar as possibilidades das tecnologias do ModelaFab, e estão encaminhando projetos para supervisão da equipe com a intenção de viabilizá-los no âmbito do ModelaFab.

Esse material tem se mostrado útil como referência em aulas de disciplinas do Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP, conduzidas no espaço do laboratório, assim como no primeiro conjunto de *workshops* ministrados nos meses de Abril e Maio de 2019.

Pretende-se dar continuidade na elaboração do mostruário da cortadora a *laser* com a inclusão de novos materiais, e iniciar a elaboração dos mostruários da impressora 3D e da fresadora CNC.



Figura 12. Mostruário de materiais para a cortadora a *laser*, em elaboração. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. Fonte: Ministrantes do workshop.

Identidade e comunicação visuais

O logotipo do Laboratório foi desenvolvido no programa Illustrator, assim como sinalizações das máquinas, avisos gerais com regras de utilização do espaço, e QR Codes para acesso ao Regulamento e manuais de uso da cortadora a *laser*, fresadora CNC e impressoras 3D. O material de identidade e comunicação visuais foi afixado no ambiente por meio de adesivos (Figura 13). Também foi criado email próprio para o Laboratório, com endereço eletrônico modelafabdigitais@gmail.com. Essa conta tem como finalidade auxiliar a equipe na organização de atividades do ModelaFab, além de estabelecer contato com os usuários, tanto para realização de inscrições em *workshops*, agendamento de supervisão de projetos, como para informações e esclarecimento de dúvidas.

A criação de um template para inscrição de projetos foi elaborada, de modo a ser preenchida pelos usuários que pretendem utilizar o Laboratório. Os projetos são analisados e se aprovados serão agendados para acompanhamento da supervisão e dos monitores do ModelaFab em sua execução.

Regulamento¹¹ de utilização do espaço contendo a missão do ModelaFab, regras de uso do espaço, uso dos equipamentos, materiais, documentação dos trabalhos realizados, crédito, equipe e lista de materiais para uso na cortadora a *laser* (permitidos e não permitidos), deve ser lido e seguido pelos usuários.

11 O Regulamento ModelaFab (2019) contém informações a respeito de “regras de uso do espaço”, em tópico com o mesmo nome, e estabelece em subtópico que: “Em ordem de hierarquia, a prioridade para uso do ModelaFab é a seguinte: a) projetos de alunos do CAP-ECA-USP e do PPGAV ECA-USP que estejam cursando disciplinas ministradas no ModelaFab; b) projetos de alunos do CAP-ECA-USP e do PPGAV ECA-USP que estejam em fase de conclusão de curso; c) projetos de alunos do CAP-ECA-USP e do PPGAV ECA-USP vinculados a disciplinas em curso; d) projetos de professores e grupos de pesquisa do CAP-ECA-USP e do PPGAV ECA-USP; e) projetos de alunos do CAP-ECA-USP e do PPGAV ECA-USP que mantenham relação com suas respectivas áreas de pesquisa.”



Figura 13. Adesivos com logotipo, endereço de email, avisos gerais, manuais e regulamento do laboratório, afixados em portas, paredes e maquinários. Laboratório de Modelagem e Fabricação Digitais (ModelaFab), Espaço das Artes (EdA), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

Fonte: Ministrantes do *workshop*.

Considerações finais

No tocante às atividades desenvolvidas no ModelaFab, constata-se que: a) no que tange ao ensino, tem-se buscado integrar teoria e prática em fabricação digital, propiciando, de forma contínua, um fazer que enfoque o fluxo entre a fase de projeto e a fase de fabricação de objetos; b) no que diz respeito à pesquisa, sem desconsiderar o fluxo referido anteriormente, tem sido meta dar a conhecer os modos específicos de produção que exploram os recursos tecnológicos do ModelaFab com vistas a potencializar a realização de pesquisas artísticas, dinamizando e amplificando a prática e a reflexão sobre processos criativos; c) no que se refere à extensão, é meta assegurar a difusão do conhecimento, relativo às tecnologias de fabricação digital e adquirido com o ensino e a pesquisa; inicialmente, esta atividade já foi implementada por meio de *workshop* e com recorte circunscrito à comunidade do Departamento de Artes Plásticas da ECA-USP, contudo, intenciona-se ampliá-la com a realização de palestras e cursos de curta duração abertos a comunidade USP e escolas de nível médio, com a intenção de vir a cumprir de modo abrangente função pedagógica e social.

Por fim, vale destacar que a equipe do ModelaFab deve sempre estar atenta aos cinco desafios, referidos por Papert (1980) e relativos às ações envolvidas no contexto de laboratórios de fabricação digital: a) uso banalizado dos equipamentos; b) níveis de envolvimento – de frustração ou excitação – trazidos pelos resultados obtidos no desenvolvimento de projetos; c) potencialidade do trabalho interdisciplinar como via para ampliar soluções; d) aprendizagem contextualizada em ciência, tecnologia, engenharia, matemática, artes e geometria computacional, de modo a assegurar abrangência de contextos; incorporação de demanda específica de usuários, valorizando repertórios e poéticas próprias.

Referências

- Anderson, C. (2012). **Makers: the new industrial revolution**. New York: Random House.
- Barrett, T. W., Pizzico, M. C., Levy, B., Nagel, R. L., Linsey, J. S., Talley, K. G.; Forest, C. R., & Newstetter, W. C. (2015). A Review of University Maker Spaces. **Proceedings of the 122nd ASEE Annual Conference & Exposition**, June 14-17, 2015, Seattle, WA.
- Bidoret, J. (2014, August). Bricolage, *design*, pratiques artistiques et numériques. DN-SEP (VAE) – ESADHAR. Retrieved June 15, 2019, from <https://accentgrave.net/bricoles>.
- Blikstein, P. (2013). Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention. In Walter-Herrmann, J., & Büching, C. (eds.). **FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors** (pp.202-222). Bielefeld: Transcript Publishers.
- Csikszentmihalyi, M. (1991). **Flow: The Psychology of Optimal Experience**. NY: Harper Perennial.
- Dewey, J. (1902). **The Child and Curriculum**. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Freire, P. (1974). **Pedagogy of the oppressed**. New York: Seabury Press.
- Freudenthal, H. (1973). **Mathematics as an educational task**. Dordrecht: Reidel.
- Fröbel, F., & Hailmann, WN. (1901). **The education of man**. New York: Appleton.
- Henno, J. H. (2016). **As correlações entre os sistemas generativos e a fabricação digital no contexto das artes visuais**. Escola de Comunicações e Artes / USP. Orientadora: Monica Baptista Sampaio Tavares. São Paulo, SP.
- Kolarevic, B. (2003). **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing**. 1.ed. New York; London: Spon Press. Taylor & Francis Group.

Kolarevic, B. (2001). Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age. Modeling and Fabrication. **Acadia**. Retrieved May 29, 2019, from <http://papers.cumincad.org/data/works/att/81b8.content.pdf>.

Maldini, I. (2016). Attachment, Durability and the Environmental Impact of Digital *DIY*. **The Design Journal**, 19(1), 141-157. doi: 10.1080/14606925.2016.1085213. Retrieved June 10, 2019, from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14606925.2016.1085213>.

Micallef, J. (2015). **Beginning Design for 3D Printing**. New York: Apress.

Montessori, M. (1964). **The advanced Montessori method**. Cambridge MA: Bentley R.

Montessori, M. (1965). **Spontaneous activity in education**. New York: Schocken Books.

Papert, S. (1980). **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books.

Regulamento ModelaFab. (2019). São Paulo. Retrieved June 22, 2019, from <https://drive.google.com/open?id=1PoHoq64ESid9zGsdsMERTglsI4GIZipj>.

Tanaka, A. (2011). Situating within Society: Blueprints and Strategies for Media Labs. In Plohman, A. (Org.) *et al.* **A Blueprint for a Lab of the Future**. Eindhoven: Baltan-Laboratories, 2011. pp. 12-20. Retrieved June 10, 2019, from <https://research.gold.ac.uk/14649/1/Atau-BlueprintFinal.pdf>.

Von Glasersfeld, E. (1984). An Introduction to Radical Constructivism. In Watzlawick, P. (ed.). *The Invented Reality*. New York: Norton.