

Novas perspectivas da fabricação digital no design social e no desenvolvimento econômico

Caroline Salvan Pagnan * e Artur Caron Mottin **

Resumen: El mercado y la forma de consumo de productos y servicios vienen sufriendo modificaciones a lo largo del tiempo con el surgimiento de fenómenos como la cultura del *Hágalo usted mismo (Do it Yourself - DIY)*, el *Movimiento Maker* y el mayor acceso a contextos que permiten la viabilidad de ideas, los espacios de fabricación digital. Se presentan las nuevas perspectivas del uso de la impresión 3D, corte láser y mecanizado CNC en el desarrollo social, económico y académico, abarcando un enfoque del funcionamiento de contextos de viabilidad de ideas y soluciones, buscando entender quiénes son las personas que frecuentan esos locales, hacen uso de esas tecnologías y la finalidad con que esos recursos están siendo empleados. Ejemplos de esta nueva forma de proyectar, fabricar y consumir productos y servicios se exponen a fin de demostrar su capacidad en la contribución a la mejora de la calidad de vida de las personas. Como resultados, se señalan caminos en los que el desarrollo y el uso de nuevas tecnologías y la democratización de la fabricación y del proyecto convergen para traer soluciones que promueven el crecimiento en varios ámbitos en la sociedad.

Palabras clave: impresión 3D - nuevas tecnologías de fabricación - movimiento maker - DIY.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 112]

(*) Doutoranda em Design pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), mestre em Engenharia de Materiais pela REDEMAT, consórcio em pós graduação entre UFOP/UEMG/ CETEC e graduada em Design de Produto pela Escola de Design - UEMG. Professora da Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais nos cursos de Design de Produto e Design Gráfico.

(**) Doutor em Engenharia de Materiais pela REDEMAT, consórcio em pós graduação entre UFOP/ UEMG/ CETEC e mestre em Engenharia de Materiais pela mesma instituição. Graduado em Design de Produto pela Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Campus Congonhas, Departamento de Mecânica.

Introdução

Os processos de fabricação de produtos, dentre diversos outros fatores, desempenham papel fundamental na transformação da sociedade ao longo de sua história, sendo suas evoluções responsáveis por revoluções na forma de produção e consumo de produtos e serviços e influenciando, conseqüentemente, toda a lógica de comportamento das pessoas. Como parte desse contexto histórico, o mundo passou por transformações que foram denominadas por historiadores como Revoluções Industriais, que se referem, de acordo com Anderson (2013), a um conjunto de tecnologias que promoveram drástico aumento da produtividade dos seres humanos, desencadeando mudanças como aumento da longevidade, da qualidade de vida, modificações nas concentrações populacionais e crescimento demográfico.

A Primeira Revolução Industrial consistiu em uma ampla transformação na sociedade, não somente em relação aos produtos, serviços e suas formas de produção, mas também em relação ao processo de invenção, uma vez que as ideias passaram a ser potencialmente valiosas com seu poder de mudança tornando-se cada vez mais evidente. Ideias como a máquina de tecelagem e a máquina a vapor aumentaram imensamente a capacidade produtiva do homem, potencializando suas habilidades e dando-o a visão de que seu cérebro possuía potencial além de seus músculos. A Segunda Revolução Industrial teve seu ponto de transformação com a adição das indústrias químicas, o motor de combustão interna e a eletrificação, incluindo a linha de montagem de Henry Ford, na qual produtos em processo de fabricação se movem até postos de trabalho fixos, e não o oposto.

A Era da Informação é definida por alguns historiadores como a Terceira Revolução Industrial, porém diversos outros autores apontam que, até o momento, os impactos da computação culminando no computador pessoal e na internet e na Web não resultaram em alterações em produção, tendo seus efeitos provocado uma revolução nos serviços, mas não na fabricação de produtos. Dessa forma Anderson (2013) defende que a Terceira Revolução Industrial poderá ser mais facilmente compreendida como a junção da fabricação digital e a fabricação pessoal, industrializando o Movimento Maker.

Para compreensão do movimento Maker, é importante introduzir o conceito do Faça Você Mesmo - FVM (Do it Yourself - DIY), que consiste em uma cultura que surge como uma consequência do contexto de industrialização, onde foi reduzido o controle do homem à fabricação de seus próprios artefatos. Nessas circunstâncias, o monopólio das indústrias promoveu menor acesso à sociedade aos processos de produção e projeto dos objetos, sendo essa conduzida ao papel de consumidores somente (Illich, 1973). O FVM (DIY) engloba, portanto, a modificação, o uso e a adaptação de materiais existentes para a fabricação de algo através de uma série de atividades criativas, podendo suas técnicas serem compartilhadas e codificadas para a reprodução e melhoria por outras pessoas (Buechley *et al*, 2009).

O contexto de mercado com produtos sendo produzidos em massa e em grandes quantidades vem gerado a crescente necessidade de customização e personalização, com consumidores cada vez mais ávidos pela participação dos processos de projeto e produção dos produtos e serviços que o cercam. Nesse ambiente, o Movimento Maker surge como algo crescente, industrializando o espírito do FVM (DIY) e trazendo a democratização da fabricação.

O Movimento Maker, como defendem Hatch (2014) e Anderson (2009), é algo físico, que traduz o mundo virtual em objetos, roupas, alimentos, casas, carros, recursos da medicina, brinquedos e outros artigos que compõem a vida do ser humano. Por esse motivo, o Movimento Maker está modificando a forma de se fazer as coisas e gerando um impacto na forma de viver das pessoas, destinando-o a ser algo ainda maior do que os acontecimentos que já cruzaram a história da humanidade.

Open design

Como recurso para o funcionamento do Movimento Maker, Hatch (2014) definiu verbos indispensáveis nas atividades das pessoas que atuam dentro desse contexto: *fazer*, a participação das pessoas é importante na construção do mundo, sendo as atividades de criar e fazer intrínsecas à natureza humana; *compartilhar* é o que dá sentido à realização de algo, se uma coisa foi feita e não foi mostrada a alguém, é como se não tivesse sido feita, se estendendo ao compartilhamento de conhecimento; *dar* é uma ação que se estende não somente em relação aos objetos físicos, mas à criação e ao conhecimento, uma prática comum em ambientes de fabricação digital, onde ideias são disponibilizadas livremente; *aprender* é uma atividade contínua, independente do quanto se saiba sobre algo há ainda o que se aprender, além de ser um processo cíclico, onde o conhecimento é repassado e ampliado constantemente; *equipar*, com acesso às ferramentas necessárias para o desenvolvimento do que se pretende fazer, sendo um *makerspace* completo e bem equipado fundamental na atividade de um *maker*, permitindo o acesso a vários processos e ampliando suas possibilidades; *brincar* é uma forma de levar as ideias aos extremos, gerando descobertas, dando a si mesmo o direito de errar e experimentar; *participar*, acompanhando eventos, seminários, feiras, exposições aulas e cursos, buscando trocar ideias e experiências já presenciadas por outras pessoas que compõem o Movimento Maker; *apoiar* intelectualmente, financeiramente, politicamente e institucionalmente outros espaços, outras comunidades, outros países, outras equipes, a fim de sustentar o movimento e permitir seu crescimento, com um futuro melhor para todos; *mudar* é parte da jornada pessoal de se descobrir como um *maker*, passando a ver o mundo com os olhos de quem cria.

Um dos pontos-chave do Movimento Maker e que permeia praticamente todas as atividades apresentadas é a troca, com o intercâmbio de informações, experiências, conhecimentos, projetos e o que mais possa permitir o crescimento conjunto das pessoas envolvidas nessa comunidade. Diversos movimentos surgem a partir desse conceito, como o *Open Source*, que consiste na ideologia dos softwares livres em que o usuário tem acesso à programação, sendo permitida sua alteração, remodelamento, aperfeiçoamento e o compartilhamento de sua versão. (Vega, 2012)

Esses diversos movimentos se baseiam no efeito de rede, conectando ideias e pessoas, provocando um movimento cíclico de crescimento, gerando mais valor e, conseqüentemente, atraindo mais pessoas. O Open Design, um desses movimentos, será o enfoque principal do trabalho, existindo desde os tempos da Primeira Revolução Industrial, onde o compartilhamento das ideias permitiu o desenvolvimento e melhoria das tecnologias. O termo engloba não somente o compartilhamento de arquivos abertos para a fabricação

de produtos, mas o compartilhamento de serviços, sistemas e sociedades abertas, acompanhando a ampliação constante do entendimento da abrangência do design. (Cabeza, Rossi & Moura, 2015)

Ao longo de sua evolução, o Design teve seu foco projetual ampliado e adaptado à realidade da sociedade na qual se insere. Sua principal atribuição inicialmente estava direcionada ao projeto de produtos e artefatos físicos, caminhando gradativamente na direção de projetos mais complexos, abrangendo as inter-relação entre pessoas, produtos, serviços, ambientes [de forma ampla] e comunicação. (Krucken, 2008)

O Design é uma atividade que atua em interface com diversas áreas de conhecimento, podendo esse funcionamento ocorrer de forma interdisciplinar, transdisciplinar e multidisciplinar, dependendo da equipe relacionada e as exigências dos projetos. Por esse motivo a atuação do profissional de Design pode ocorrer na forma de um elemento central de convergência e conexão entre diversas expertises no desenvolvimento de projetos e soluções. A atividade projetual desenvolvida pelo designer se baseia em uma ampla gama de conhecimentos, estando, dentre eles, o conhecimento de processos produtivos e materiais, capacitando-o para a atuação na análise e seleção de materiais e processos, além de direcionar seus projetos às demandas e restrições impostas. Outro fator que pode ser definido como elemento principal da profissão é o entendimento das necessidades do usuário, realizando imersões no contexto de uso, validando as dores do mercado e identificando demandas e oportunidades, o que permite atuação não somente no projeto em si, mas no posicionamento de produtos e serviços e validação de sua estratégia de inserção no mercado do ponto de vista do público almejado e suas necessidades. (Ideo, 2011)

Inerente à essa ampliação da atuação do design há o surgimento de várias vertentes, estando dentre elas o Design Social. Nessa atuação, o designer atua na geração de ideias, soluções e ações que auxiliem no desenvolvimento social através de diversos caminhos, podendo ser pelo uso mais consciente de recursos, pela conscientização do produtor em relação ao processo de desenvolvimento produtivo, adaptando soluções à realidade de uma comunidade, atuando como um catalizador processual e agregador. Essa atuação produz resultados como a integração socioeconômica e a geração de novos produtos, valorizando a relação processo-indivíduo e entendendo o contexto cultural. Nesse processo, o designer pode atuar como mediador por ser detentor do conhecimento técnico além de ser um agente externo com o olhar crítico ao entendimento de necessidades e tradução em soluções. (Costa & Lyra, 2011)

O Design atua, portanto, nesse contexto como elemento de união entre os conhecimentos técnicos, o reconhecimento e interpretação das necessidades do usuário, o entendimento do contexto e os conhecimentos e profissionais de diferentes áreas, criando e dando o suporte para o desenvolvimento de soluções que traduzam essas necessidades e demandas.

Tecnologias de fabricação digital como suporte

Para que esse contexto de mercado seja possível, uma série de tecnologias e recursos são necessários, sendo as tecnologias de fabricação digital peças fundamentais, atuando como uma alternativa para a busca dos consumidores por uma opção à produção em série, per-

mitindo a manufatura local e customizada, sustentando o Movimento Maker. A aplicação de tecnologias digitais permite, em alguns casos, o ajuste da lógica da produção industrial para atender a uma demanda cada vez mais específica e variável. (Barros & Silveira, 2015) O uso de tecnologias computacionais para elaboração de projetos de produtos tem sido usadas há muito tempo, como é o caso da tecnologia CAD (*Computer-aided Design*) que possibilita projetar bi e tridimensionalmente através de programas específicos. A tecnologia CAM (*Computer-aided Manufacturing*) por sua vez utiliza as informações advindas de programas CAD e são interpretadas em maquinários de controle numérico computacional (CNC), capazes de materializar de maneira fiel o objeto projetado, utilizando diferentes técnicas e materiais. O processo de utilização desses softwares e equipamentos é conhecido como Fabricação Digital e constitui a fase final da etapa de criação, onde as informações digitais de um projeto são utilizadas para produzir um determinado objeto físico em equipamentos controlados por computador. As já conhecidas impressoras 3D constituem exemplos dessas possibilidades.

O uso dos processos de fabricação digital se difundiram inicialmente nas etapas construtivas de modelos e protótipos oriundos das atividades de engenharias, arquitetura e design, e asseguravam que o objeto materializado correspondiam exatamente ao que designers, engenheiros, arquitetos, etc., pretendiam. Esses processos foram sendo aprimorados e barateados pelos avanços tecnológicos, e hoje se tornaram processos capazes de serem utilizados como meio de manufatura de produtos finais. Os processos de fabricação digital podem ser realizados utilizando equipamentos baseados em tecnologias de adição ou subtração de material, e são entendidos atualmente como tecnologias de prototipagem rápida quando tratamos de objetos tridimensionais.

Subtração de material

As tecnologias de fabricação digital por subtração são aquelas derivadas dos métodos tradicionais de remoção de material como corte, furação, torneamento, rebalçamento, fresamento, usinagem, e que foram incorporados sistemas de comando numérico por computador (CNC) tornando-se métodos de fabricação digital. Além dessas, métodos como o corte a laser que se difundiram já com a utilização do sistema CNC, e são parte importante das ferramentas utilizadas nos espaços de fabricação digital.

Corte a laser

Os fundamentos científicos do sistema de laser foram desenvolvidos em 1917 por Albert Einstein, a partir das teorias e leis de Planck, e ficaram esquecidas até 1960 quando o americano Theodore Harold Maiman apresentou o primeiro laser baseado em um cristal sintético de rubi. (Mello, 2009)

Atualmente, são empregados dois tipos de laser, a gás e sólido. No sistema a gás, o laser é conduzido por lentes e espelhos até o cabeçote de corte. Já no sistema sólido, o laser é conduzido por cabos de fibra ótica, e permite que tenhamos mais de um feixe de corte por fonte laser.

Os equipamentos mais comuns de corte e gravação a laser encontrados nos espaços de fabricação digital, utilizam fontes laser de CO₂ que são sistemas mais simples e baratos encontrados no mercado, e em sua maioria aplicados a materiais como madeira, polímeros, couro, tecidos, e papel. Equipamentos para utilização de materiais metálicos possuem alto valor de compra, uso e manutenção, e em sua maioria ficam restritos ao uso de poucos espaços de fabricação digital.

A tecnologia laser utiliza o processos de vaporização e sublimação para cortar e gravar materiais sintéticos, e se baseia em dois planos de corte X e Y, sendo possível criar objetos de duas dimensões a partir de gráficos vetorizados em programas especializados.

Usinagem

O termo usinagem refere-se aos processos de retirada de material por cisalhamento, entre as operações mais difundidas estão o torneamento, furação, rosqueamento, fresamento, etc. Com o advento do *G-code*, criado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) em 1958, e criação dos programas CAD nos anos 60 e sua difusão nas indústrias na década de 70. Os fabricantes de equipamentos de usinagem passam a adotar o sistema CNC a fim de facilitar, agilizar e garantir fidelidade ao projeto.

Os Centros de Usinagem CNC reúnem diversos processos de usinagem em um único equipamento, e atualmente estão difundidos como processo industrial, principalmente na utilização de materiais metálicos. Os equipamentos de usinagem CNC de mesa estão presentes espaços de fabricação digital, permitindo a usinagem de madeiras, plásticos e espumas de poliuretano de maneira rápida e fácil. Estes equipamentos trabalham em três eixos X, Y e Z, e comumente apresentam opcionais para utilização de um quarto eixo. (Hallgrimsson, 2012)

Entre as vantagens desses equipamentos estão o custo do material, que pode ser muito mais baixo do que o de impressão 3D; a qualidade do acabamento de superfície pode ser extremamente alta; a precisão é extremamente alta. No entanto, algumas limitações devem ser consideradas como a requisição de treinamento especial; características refinadas de peças requerem ferramentas muito pequenas; saliências podem ser um problema quando a parte inferior não pode ser alcançada pela ferramenta (isso pode requerer equipamentos com mais de três eixos ou múltiplas programações); e o modelamento por subtração pode gerar poeira ou aparas. (Hallgrimsson, 2012)

O processo de usinagem não apenas se destina a criação de peças e modelos, mas serve como suporte na criação de moldes para outros processos, como a injeção de polímeros, *vacuum forming*, estampagem, etc. que combinados expandem as possibilidades projetuais.

Adição de material

Os processos de fabricação por adição de material tradicionalmente conhecidos como soldagem, brasagem, colagem, etc., permitem a junção de partes mais simples para compor uma peça mais complexa. Na década de 80, um novo processo foi desenvolvido baseado

na adição de material em camadas planas sucessivas, sendo uma das grandes vantagens deste processo frente aos demais, sua capacidade de automatização, dispensando moldes, ferramentas e gabaritos. Seu surgimento dentro da era dos sistemas CNC e CAD fizeram com que se difundisse rapidamente, principalmente voltado a fabricação de modelos e protótipos.

O método de adição de materiais por camada não é uma técnica nova e remete a duas grandes áreas técnicas: a topografia e a fotoescultura. Estas técnicas permitem a construção de objetos com geometrias complexas, que são difíceis de serem obtidas por meio de métodos tradicionais de fabricação. (Volpato, 2007)

Impressão 3D

A impressão 3D é um processo de adição controlado por computador que constrói peças no interior de um equipamento, camada por camada, utilizando uma variedade de materiais e processos. Existem hoje mais de 20 sistemas de impressão 3D no mercado e se baseiam em 3 tipos de matérias primas: líquido, sólido e pó. (Volpato, 2007; Hallgrímsson, 2012)

Tecnologias baseadas em materiais pulverizados utilizam substratos em pó que são depositados em finas camadas de adição e então endurecidos somente em áreas definidas pela seção transversal da peça. O excesso de pó em torno da peça atua como estrutura de suporte e pode ser reutilizado, diminuindo o desperdício de material. Nesta tecnologia pode ser utilizado laser para o seu processamento (ex. Sinterização Seletiva a Laser - SLS; *Laser Engineered Net Shaping* - LENS) ou um aglutinante aplicado por um cabeçote tipo jato de tinta (ex. *3 Dimensional Printing* - 3DP, etc.). Estas tecnologias de impressão 3D baseadas em pó permitem desde a sinterização de materiais metálicos até a criação de peças multicoloridas de até 1024 cores.

Tecnologias baseadas em materiais sólidos utilizam matérias primas na forma de filamentos e lâminas. Alguns processos funcionam pela alimentação de um bico extrusor aquecido com um filamento polimérico, sendo depositado em camadas em uma base, conhecido como Modelagem por Fusão e Deposição (FDM). Outros somente recortam uma lâmina do material adicionado (*Laminated Object Manufacturing* - LOM; *Paper Lamination Technology* - PLT). As tecnologias FDM de impressão 3D se difundiram fortemente, e hoje podem ser vistas em aplicações residenciais, tudo isso graças ao baixo custo tecnológico e a grande disponibilidade de materiais compatíveis a tecnologia.

Tecnologias baseadas em materiais líquidos utilizam fotopolímeros, que são curados através de uma fonte de luz ultravioleta. Dessa forma, é possível produzir camadas com espessura muito pequena, resultando em uma qualidade de acabamento de superfície muito alta, dispensando ou requerendo pouco acabamento posterior. (ex. Estereolitografia - SLA). Outra possibilidade é a utilização do jateamento de resina líquida por um cabeçote tipo jato de tinta e posterior cura pela exposição à luz ultravioleta (ex. *Ink Jet Printing* - IJP). Grande parte das tecnologias de impressão 3D disponíveis em espaços de fabricação digital são de baixo custo, como as tecnologias FDM, IJP e 3DP, já que buscam dar acesso ao público a estas tecnologias com custos mais acessíveis na fabricação de peças.

Ambientes

Os ambientes de fabricação digital são dotados normalmente da combinação de processos de subtração manuais como lixadeiras, serras, furadeiras, etc., de tecnologias de subtração com sistemas CNC como centros de usinagem, tornos, fresas, etc., e de tecnologias de adição de camadas como impressoras 3D. Muitos ainda incluem espaços para criação de objetos eletrônicos com uso de sistemas abertos como o Arduino, incluindo, além disso, sistemas de realidade aumentada, realidade virtual, e sistemas de escaneamento 3D.

Estes espaços podem ser conhecidos como *FabLabs*, *Makerspaces*, *Hackerspaces*, *Hacklab*, *Community Sheds* ou Espaços de Fabricação Digital. O conceito norteador destes ambientes, é a criação de um local multidisciplinar, onde pessoas de variados contextos e conhecimentos possam desenvolver ideias, co-criar e trocar informações importantes durante o processo de concepção em busca de desenvolver novas propostas comerciais ou melhorar a qualidade de vida da comunidade local.

FabLab

Fabrication Laboratory - FabLab surgiu no laboratório interdisciplinar chamado *Center of Bits and Atoms* (CBA) do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), e foi fundado pelo *National Science Foundation* (NSF) em 2001 (<http://fab.cba.mit.edu/about/faq/>). E surgiram com objetivo educacional de sensibilização à fabricação digital e pessoal, democratizando a concepção das tecnologias e das técnicas e não somente do consumo. Rapidamente este conceito se difundiu em uma rede global de laboratórios locais, permitindo a invenção e fornecendo acesso às tecnologias de fabricação digital, além de contribuir para a educação fabril digital, fornecer assistência operacional e técnica aos usuários, e facilitar a logística, já que permite produzir peças em diversos locais do mundo graças à plataforma tecnológica compatível entre os FabLabs locais.

Os FabLabs podem ser organizados de três maneiras distintas, de acordo com a organização que os financiaram, possuindo, assim, um papel determinante nas definições (tipo de uso, tipos de usuários, modelo de gestão, e de organização) dos mesmos. Os FabLabs acadêmicos são aqueles sustentados por universidade e escolas e que recebem, em sua maioria, projetos de estudantes, realizam workshops dando aos alunos o acesso ao maquinário a um custo menor do que os usuários externos. Um problema deste modelo de FabLab é que geralmente não são sustentáveis, dependendo da instituição de ensino ou agentes locais para sua manutenção. Os FabLabs Profissionais têm por objetivo o desenvolvimento de produtos concebido por empresas, startups, empreendedores individuais e inventores. Esses FabLabs precisam se sustentar financeiramente, mesmo que no início tenham recebido incentivo de autoridades locais. Os FabLabs Públicos são espaços sustentados pelo governo, institutos de desenvolvimento e a comunidade local, e por isso apresentam caráter mais acessível a todos e em geral são totalmente gratuitos. (Eychenne & Neves, 2013)

Maker / Hackerspace

Hackerspaces são locais físicos operados por comunidades, onde pessoas compartilham seu interesse de trabalhar com tecnologia, conhecer e empenhar-se em seus projetos e aprender uns com os outros. O espaço possibilita que pessoas desenvolvam projetos DIY (*Do It Yourself – Faça Você Mesmo*) para os quais não estariam habilitadas, ou por não terem ferramentas ou por não terem espaço para executar o projeto. Os *Hackerspaces* assim como os *FabLabs* constituem uma rede que busca integrar pessoas interessadas em computadores, tecnologia, equipamentos, fabricação e projetos que busquem sistemas colaborativos e de socialização.

Os *Makerspaces* ou *Hackerspaces* são espaços que não seguem necessariamente um conceito norteador no que diz respeito aos equipamentos e sua configuração, como ocorre nos *FabLabs*. Esses espaços se configuram de maneira mais particular, de acordo com a expertise das pessoas envolvidas, e do caráter dado por elas. Desta forma, são espaços diferenciados, como se fossem um microcosmos como uma oficina de garagem.

Outros espaços com denominações distintas e que partilham do mesmo conceito podem ser encontrados, mas são os *Hackerspaces* e os *FabLabs* as estruturas mais difundidas pelo mundo. Na Tabela 1 é possível ver em números os espaços cadastrados pelo mundo, e nos países da América Latina.

Países	FabLab	Maker / Hackerspace
Mundo	638	2030
América Latina	58	141
Argentina	7	17
Brasil	17	67
Chile	5	5
Colômbia	5	9
Costa Rica	2	1
Republica Dominicana	-	2
El Salvador	1	-
Equador	4	1
Guatemala	-	3
México	7	29
Paraguai	1	1
Peru	8	3
Porto Rico	-	1
Uruguai	1	2

Tabela 1. FabLabs e Hackerspaces cadastrados no mundo e em países da América Latina.

Estudos de caso

Diversas iniciativas vêm sendo realizadas aproximando as pessoas e as comunidades das tecnologias e a democratização da fabricação e do projeto. Serão apresentados a seguir projetos, empresas, iniciativas e estudos que promovem crescimento nos âmbitos da educação, econômico e social, mostrando como a atuação integrada ente o design, profissionais de diversas áreas, as tecnologias de fabricação digital, a cultura Faça Você Mesmo, o Movimento Maker, a cultura da troca e da aprendizagem contínua tem potencial para promover melhorias na forma de viver e pensar das pessoas.

Educação

O uso de recursos de um *FabLab* no ambiente de educação pode promover melhorias na qualidade do aprendizado do aluno, aumentar seu interesse e promover a aplicação do conteúdo de sala de aula em situações que facilitem sua compreensão. Além disso, o uso de recursos de prototipagem e da manipulação de materiais e ferramentas auxilia no incentivo da criatividade e da atividade de projeto, havendo diversas soluções sendo desenvolvidas nesse contexto.

A Ingocraft é uma empresa atua com foco na educação de crianças, oferecendo ao mercado soluções que promovam o estímulo da criatividade e da inventividade através do projeto, impressão e montagem de peças. Seu pacote de produtos e serviços engloba um kit de peças consistindo em porcas, parafusos, barras para montagem, uma chave para manipular os parafusos e outras peças que permitem a montagem de formas ilimitadas de objetos. O kit é acompanhado de um aplicativo no qual é possível simular a montagem de produtos com as peças disponibilizadas no kit. Por fim, há uma biblioteca de arquivos de peças disponibilizadas pela empresa para impressão em qualquer impressora 3D, permitindo a personalização das montagens. A empresa tem como objetivo tornar divertida a experimentação, aproximando as crianças do universo Maker (Ver Figura 1).

O Garagem Fab Lab, localizado em São Paulo, em parceria com a Rede Globo de televisão, desenvolveu equipamentos para um laboratório de ciências a partir dos recursos de corte a laser, impressão 3D e usinagem. Uma escola da rede pública, localizada em Sapopemba, interior de São Paulo, foi o ambiente de implementação do laboratório, que conta com microscópio, incubadora, agitador magnético e centrífuga. O projeto dos equipamentos foi realizado pelo pesquisador Pieter van Beheemen do laboratório *Biohack Academy Syllabus*, na Holanda, os arquivos e as instruções de montagem são disponibilizadas na internet para a utilização aberta, o que permite que pessoas em todo o mundo reproduzam e utilizem o projeto, democratizando os recursos e propiciando um aprendizado de melhor qualidade a ambientes com possibilidades restritas, como escolas da rede pública, por exemplo.



Figura 1. Kit Ingocraft, consistindo de porcas, barras de montagem, parafusos e software. Adaptado de Ingocraft (2016, Abril). Disponível em: <http://www.ingocraft.com/ingocraft>

Econômico

A Protoprint, com sede em Pune, na Índia, é uma empresa de cunho social, que trabalha com a produção de filamentos para impressão 3D a partir da reciclagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) por catadores de rua, oferecendo-os capacitação para o processo. Os impactos da atuação da Protoprint são amplos, oferecendo aos catadores, além de capacitação, melhores pagamentos por seu trabalho, aos consumidores uma alternativa mais barata, com origem ética, e com menor impacto ao meio ambiente, à comunidade, maior integração, com geração de empregos, produtos e renda.

A empresa trabalha de diferente formas: transformando os catadores em microempresários, fornecendo o equipamento de extrusão e capacitando-os para o processo, ou ainda em parceria com os mesmos, recolhendo o material coletado, produzindo os filamentos e vendendo-os a preços competitivos. É possível, ainda que unidades de produção sejam inteiramente transferidas para as comunidades, sendo a atuação da empresa na conexão com o mercado e com a garantia da qualidade.

Social

O uso das tecnologias de fabricação digital como meio de inclusão social e atendimento a demandas pessoais tem se mostrado importante a cada dia. A comunidade *E-Nable*, iniciada em 2011 por Ivan Owen, cria próteses de mãos utilizando o processo de impressão 3D. *E-Nable* é uma comunidade colaborativa, que, após a criação da prótese utilizando processos de *open design* e plataformas colaborativas, em 2013 disponibilizou em plataformas *open source* e de domínio público. Após a divulgação o projeto que tinha a colaboração de 100 pessoas das mais variadas áreas do conhecimento, e em um ano passou a ter mais de 3000 membros, produzindo 750 próteses em diversos países do mundo. No ano seguinte, já eram mais de 7000 colaboradores e aproximadamente 2000 próteses criadas em 45 países.

O projeto ganhou proporções mundiais rapidamente, graças ao barateamento das próteses que podem chegar a custar 40.000 dólares, para algo que poderia ser produzido a 100 dólares. Desta forma, muitas pessoas tiveram acesso ao equipamento, e iniciativas baseadas na ideia inicial de Owen surgem a cada dia. O projeto Mao3D da professora Maria Elizete Kunkel da UNIFESP, utiliza os arquivos disponibilizados pela comunidade *E-Nable* para construir as próteses e em parceria com um instituto de saúde do governo federal, faz a entrega a o processo de reabilitação dos pacientes, para que eles aprendam a utilizar a prótese. O Palácio do Congresso Nacional em Brasília é parte do conjunto arquitetônico da Praça dos Três Poderes e teve sua localização definida no Plano Piloto de autoria de Lucio Costa, vencedor do concurso nacional de projetos para o plano urbanístico da nova capital, em 1957. O autor do projeto arquitetônico dos vários edifícios desse conjunto foi Oscar Niemeyer. Desde a época do projeto, se utilizou a maquete física como recurso visual para não somente demonstrar o projeto, mas também para discutir e melhor definir seus aspectos técnicos construtivos, como mostra Figura 3(a). Outra finalidade das maquetes é a representação do espaço para que as pessoas tenham uma visão ampla do conjunto arquitetônico, e geralmente são disponibilizadas em redomas de vidro de forma a proteger a maquete e impedir o manuseio, uma vez que têm somente a função da informação e sinalização visual.

Em 2004 a Câmara dos Deputados criou o programa “Acessibilidade para Todos” adotando uma política onde a instituição se tornaria acessível a todas as pessoas, sejam elas visitantes ou funcionários. Apesar de todos os benefícios que os portadores de deficiência visuais já conquistaram como parte dessas ações, o entendimento visual do conjunto arquitetônico do prédio do Congresso Nacional, por meio de descrições dos guias das visitas não era de fato uma garantia de eficiência. A exploração tátil, como mencionado, possibilita para os cegos uma espécie de leitura espacial, sendo um elemento importante para a construção mental do espaço.

O objetivo da construção da maquete foi o de proporcionar aos visitantes, sejam deficientes visuais e não deficientes, a compreensão e percepção do conjunto arquitetônico símbolo da capital do Brasil. O projeto e execução da maquete ficaram sob a responsabilidade do Centro Design Empresa (CDE) da Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), conforme todo o processo de produção descrito por Mottin et al. (2009). O projeto se desenvolveu a partir das plantas arquitetônicas originais do edifício fornecidas pela Câmara dos Deputados através do seu núcleo de arquitetura e de imagens do edifício. A maquete foi desenvolvida em escala 1:250 e foi produzida através do processo da prototipagem rápida do tipo SLA. O projeto da maquete iniciou-se com a digitalização dos desenhos em 2D e depois em 3D para a finalidade específica de estudar a estrutura e modularidade das peças para posterior montagem em Brasília, como mostra a Figura 2a. Optou-se por empregar sistemas de encaixe para montagem e também reforços em sua estrutura, de modo a se comportarem mecanicamente como artefatos de plástico industriais, com utilização de nervuras, semelhante ao tipo de estrutura presente em produtos eletrônicos (Ver Figura 2b). Tal técnica foi escolhida frente à necessidade da maquete de resistir à exploração tátil, o toque frequente pelos usuários, bem como a possíveis colisões durante sua apreciação.

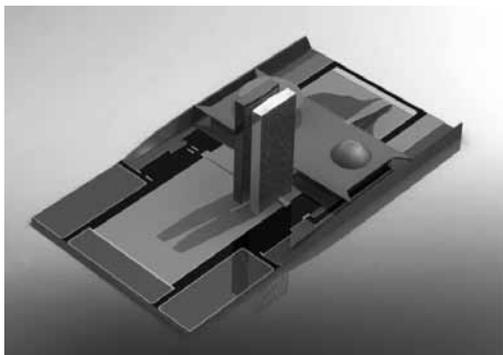


Figura 2a.

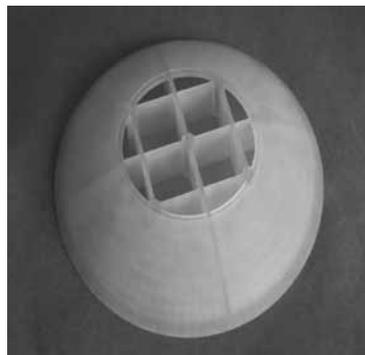


Figura 2b.



Figura 3a.



Figura 3b.

Figura 2a. Modelo tridimensional virtual da Câmara dos Deputados, Brasília. **Figura 2b.** Detalhe de reforço da estrutura do modelo 3D impresso. **Figura 3a.** Usuário explorando detalhes da superfície com uso das pontas dos dedos. **Figura 3b.** Usuário sendo guiado por uma pessoa normovisual.

Dois aspectos foram importantes para que o projeto fosse executado: o entendimento das necessidades especiais dos usuários e a adequação de tecnologias de processamento combinada com materiais disponíveis e viáveis para alcançar o resultado desejado.

O processo de seleção e avaliação dos materiais foi acompanhado por deficientes visuais do Instituto São Rafael de Belo Horizonte que apoiou a equipe de projeto nas definições mais adequadas. Durante o projeto, os usuários foram consultados e convidados a contribuir em testes de simulações e avaliações. Os materiais selecionados tinham por objetivo representar sensorialmente os materiais originais da edificação, sendo selecionado o

EVA (Etil Vinil Acetato) para representar a grama, por ter textura macia; o aço inoxidável polido para representar o espelho d'água do Congresso, selecionado por ter seu tato frio devido suas propriedades de troca de calor. A lixa em gramatura 600 para representar o asfalto, uma vez que possui textura áspera dando o aspecto desejado.

O polímero empregado nas peças da prototipagem, foi escolhido para representar elementos da arquitetura, como as duas cúpulas (na forma de semicírculos) que representam a Câmara dos Deputados e o Senado Federal. O mesmo material foi empregado para representar as fachadas em alvenaria, mármore e vidro da edificação, com textura lisa e delicada, indicada pelos usuários cegos como sendo adequadas para representar tais materiais. Durante a utilização da maquete foi possível verificar que os usuários adotam algumas das estratégias descritas nas teorias da percepção tátil, de modo a potencializar a "leitura tátil". A Figura 3a ilustra o usuário explorando detalhes da superfície e as legendas em Braille utilizando as pontas dos dedos. Os dedos são mais sensíveis às propriedades da substância (temperatura, dureza e textura) que às propriedades da forma. Pelo princípio cinemático, a mão somente conhece quando se move na exploração do tato se revelando de forma dinâmica (Révész, 1950). A Figura 3b mostra uma situação onde o usuário deficiente visual é guiado por um normovisual. Durante a "leitura tátil" da maquete é possível verificar o contato estático, sendo uma outra estratégia utilizada para melhor perceber os aspectos térmicos e superficiais do material. Outra situação comum de acontecer no local de exposição da maquete é a presença de guias, que ao contrário do anterior, somente ajuda com informações narradas de forma auditiva.

A usuária demonstra aplicar os princípios da sucessividade (exploração sucessiva e gradual no objeto quando ele é grande) e o princípio da análise estrutural e da síntese construtiva (a estrutura é constituída da ordem e disposição de partes que constituem o objeto, e percebida separadamente).

Conclusão

Através dos exemplos apresentados é possível o entendimento de como a qualidade de vida das pessoas, sua inserção no mercado de trabalho, a acessibilidade, o interesse pela educação, a absorção de conteúdo, o incentivo à criatividade, a diminuição do impacto ambiental dentre diversas outras melhorias podem ser promovidas pelo uso dos recursos da fabricação digital atrelado ao design. A cultura da troca com o Open Design, disponibilizando soluções e projetos nas redes virtuais, permite a rápida propagação das ideias, com pessoas ao redor do mundo podendo reproduzir, melhorar, adaptar e alimentar esse ciclo de aprendizado constante que a internet e os recursos digitais ajuda a manter.

Nesse contexto de rápido desenvolvimento de projetos, equipamentos, tecnologias e serviços impulsionado pela participação massiva de pessoas com as mais diversas finalidades, o Design Social atua como um fator de grande impacto. O entendimento do contexto, o reconhecimento das necessidades de uma comunidade ou de um grupo de pessoas, passando pela conexão de indivíduos, profissionais e recursos de diferentes áreas até chegar a uma solução que promova melhorias são atividades realizadas pelo profissional de design. No contexto social, a atuação do design ligada às ferramentas de fabricação digital permite

uma adaptação às especificidades de cada contexto, o que é praticamente impossível de ser obtido com o uso de recursos da indústria tradicional. A possibilidade de ajustar a lógica da produção industrial para atender a uma demanda pontual e variável permitida pelas ferramentas digitais é de grande importância quando se trata de pequenas comunidades ou grupos com necessidades específicas. Desta forma, os processos de fabricação digital atrelados ao design social e em um contexto de open design, permitem atender de maneira personalizada as demandas pontuais locais, e criar uma rede colaborativa mundial para o desenvolvimento de soluções que promovam a melhoria na qualidade de vida das pessoas.

Referências

- Anderson, C. (2012). *A nova revolução industrial: Makers* (1ª ed). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Barros, A. M. y Silveira, N. S. (2015). *A fábrica mínima: tecnologias digitais para a produção local e customizada de artefatos físicos*. Estudos em design, 23 (1), 6173.
- Biohack Academy Syllabus (2016, Abril). *Biofactory 1. Amsterdam: Waag Society's Biohack Academy Syllabus*. Disponível em: <https://biohackacademy.github.io/biofactory/>.
- Buechley, L., Rosner, D. K., Paulos, E. y Williams, A. (2009). DIY for CHI: Methods, Communities, and Values of Reuse and Customization. em *CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (CHI'09: 2009: New York). (p. 4823-4826). New York: ACM.
- Cabeza, E. U. R.; Rossi, D. C. y Moura, M. (2015). *Ecosistema Open Design*. em: IV International Conference on Design, Engineering, Management for innovation - IDEMi 2015. Florianópolis, de 2015. UDESC. Disponível em: <http://www.idemi2015.udesc.br/anais-idemi-2015/>
- Costa, M. B. y Lyra, R. R. (2011). *Cenarte: solução de escoamento de produção territorial*. Em: 3o Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, Recife: UFPE.
- E-NABLE. (2016, Abril) *Enabling the future*. Disponível em: <http://www.enablingthefuture.org>
- Eychenne, F. y Neves, H. (2013). *Fab Lab: A vanguarda da Nova Revolução Industrial*. São Paulo: Fab Lab Brasil.
- Hallgrímsson, B. (2012). *Prototyping and modelmaking for product design*. London: Laurence King.
- Hatch, M. (2014). *The Maker Movemet Manifesto: Rules for Innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. Ms Graw Hill Education.
- IDEO. (2011). *HCD Human Centered Design Toolkit*. Canadá: IDEO.
- Illich, I. (1973). *Tools for Conviviality*. Londres: Marion Boyars.
- Ingocraft. (2016, Abril). Disponível em: <http://www.ingocraft.com/ingocraft>.
- Krucken, L. (2008, Julho). Competências para o design na sociedade contemporânea. Krucken, Lia; Moraes, Dijon de (Ed.). *Cadernos de Estudos Avançados em Design: Transversalidade*. Belo Horizonte: Centro de Estudos Teoria, Cultura e Pesquisa em Design UEMG.
- Mello, W. (2009). *O refinado corte a laser*. Revista Siderurgia Brasil, 10 (56).
- Protoprint. (2016, Abril). Disponível em: <http://www.protoprint.in>
- Revész, G. (1950). *Psychology and art of blind*. London: Longmans Green.

Vega, T. (2012) O inventor e o Banco de Idéias, em Belisário, Adriano; Tarin, Bruno. *Copyfight: Pirataria & Cultura Livre*. São Paulo: Azougue Editorial.

Volpato, N.; Ahrens, C. H.; Ferreira, C. V.; Petrusch, G.; Carvalho, J. de; Santos, J. R. L. y Silva, J. V. L. da. (2007) *Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações*. São Paulo: Editora Blücher.

Abstract: The market and the products / services consumption mode are passing through modifications over time, with the increase of phenomena such as the Do It Yourself (DIY) culture, the Maker Movement and greater access to environments which contribute to ideas feasibility and the digital manufacturing spaces. New perspectives of 3D printing, laser cutting and CNC machining use in the social, economic and academic development are presented, embracing an approach of ideas feasibility and solutions environments operation, seeking to understand who are the people frequenting these places, making use of these technologies and the purpose for which these resources are being applied. Examples of this new method of design, manufacture and consume products and services are exposed to demonstrate their ability to contribute to people's life quality improvement. As a result, are pointed routes where the new technologies development and use and the manufacturing and design democratization converge to bring solutions that promote growth in various society aspects.

Key words: 3D printing - new manufacturing technology - maker movement - DIY.

Resumo: O mercado e a forma de consumo de produtos e serviços vêm sofrendo modificações ao longo do tempo com o surgimento de fenômenos como a cultura do Faça Você Mesmo - FVM (Do it Yourself - DIY), o Movimento Maker e o maior acesso a ambientes que permitem a viabilização de ideias, os espaços de fabricação digital. São apresentadas as novas perspectivas do uso da impressão 3D, corte a laser e usinagem CNC no desenvolvimento social, econômico e acadêmico, abrangendo uma abordagem do funcionamento dos ambientes de viabilização de ideias e soluções, buscando entender quem são as pessoas que frequentam esses locais, fazem uso dessas tecnologias e a finalidade com que esses recursos estão sendo empregados. Exemplos dessa nova forma de projetar, fabricar e consumir produtos e serviços são expostos a fim de demonstrar sua capacidade na contribuição para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Como resultados, são apontados caminhos onde o desenvolvimento e o uso de novas tecnologias e a democratização da fabricação e do projeto converjam para trazer soluções que promovam crescimento em vários âmbitos na sociedade.

Palavras chave: impressão 3D - novas tecnologias de fabricação - movimento maker - DIY.
