

Agenda de Inovação para o Design de soluções orientadas à Economia Distribuída via Fabricação Digital

An Innovation Agenda for the Design of solutions oriented to a Distributed Economy via Digital Fabrication

João Caccere, Universidade Federal do Paraná
jcaccere@ufpr.br

Aguinaldo dos Santos, Universidade Federal do Paraná
asantos@ufpr.br

Resumo

O presente artigo dedica-se à proposição de uma Agenda de Inovação para o *Design* de soluções orientadas à Economia Distribuída. Nesse sentido, parte-se da compreensão da necessidade de criação de alternativas ao modelo ortodoxo de oferta de produtos em massa para explorar aplicações de Fabricação Digital que sejam capazes de viabilizar um panorama de utilização e difusão das estratégias de Produção e Design Distribuídos. Métodos utilizados: 1) revisão bibliográfica assistemática e sistemática; 2) Pesquisa-Ação estratégica combinada com *Design Science Research*. Nessa segunda fase houve um trabalho de campo subdividido em quatro ciclos de ação voltados para a criação de um Sistema Produto+Serviço Sustentável que ofertasse mobiliário residencial *open-source* para moradores de Habitação de Interesse Social. Por meio da análise dos resultados foi possível apontar barreiras e oportunidades para a implementação destas abordagens, considerando as complexas características do contexto dos consumidores de baixa renda no Brasil.

Palavras-chave: Fabricação Digital, Economia Distribuída, Habitação de Interesse Social, Design para a Sustentabilidade.

Abstract

The present work is focused on the proposition of an Innovation Agenda for the Design of solutions oriented to a Distributed Economy. Following this discussion, it is understood that there is a need to develop alternatives to the orthodox model of mass production and to explore Digital Fabrication applications that could enable a landscape of use and utilization of Distributed Design and Manufacturing strategies. The methods: 1) an unsystematic and a systematic literature review; 2) a strategic Action Research combined with Design Science Research. In this second step, it was carried out a field research divided into four cycles to the creation of a Sustainable Product-Service System that offers open-source residential furniture to social housing residents. By analyzing the results, it was possible to point barriers and opportunities to the implementation of these approaches, considering the complex characteristics of the context of the low income consumers in Brazil.

Keywords: Digital Fabrication, Distributed Economy, Low Income Households, Design for Sustainability.

1. Introdução

O presente artigo propõe uma Agenda de Inovação para o *Design* de soluções orientadas à Economia Distribuída. Este conceito é definido por Johansson et al. (2005) como intrinsecamente mais sustentável que soluções convencionais de produção e consumo. É uma abordagem capaz de proporcionar benefícios positivos nas dimensões social, econômica e ambiental por meio da maior democratização do acesso a bens e serviços, da maior proximidade entre *designers-produtores-usuários* e do aumento da interação entre atores-chave locais.

O estudo reportado está integrado ao projeto LeNSin - *International Learning Network on Sustainability* - financiado pelo programa Erasmus+ da União Europeia, envolvendo um total de quinze instituições de ensino em todo o mundo, entre as quais a Universidade Federal do Paraná. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de conteúdo didático de forma colaborativa e em licença aberta para o ensino de Sistemas Produto+Serviço Sustentáveis (SPSS) orientados à Economias Distribuídas. O estudo também é vinculado à rede DESIS - *Design for Social Innovation and Sustainability*, por meio de seu *cluster* temático *Distributed & Open Production*. Este *cluster* buscava entender justamente as implicações da Produção e Design Distribuídos em se tratando de inovação social para a sustentabilidade.

O Design para a Sustentabilidade (*Design for Sustainability*) tem como uma de suas aspirações a contribuição para a migração da sociedade na direção de novos padrões de consumo e produção. Nesse sentido, este artigo atenta-se para as seguintes características do modelo convencional de produção em massa: a) o aumento do movimento de matéria-prima e produtos através de distâncias maiores, contando principalmente com a diminuição dos preços associados à logística devido aos ganhos de escala; b) o distanciamento da produção dos consumidores, escondendo, dessa maneira, os seus custos sociais e ambientais; c) o enfraquecimento da possibilidade dos atores locais terem propriedade e controle sobre seu ambiente econômico imediato; d) a distorção ou destruição de identidades culturais; e) a limitação da diversidade em atividades econômicas regionais (VEZZOLI; CESCHIN, 2008). Dentre as repercussões deste modelo convencional de produção está a característica marcante da crescente orientação para a manufatura de produtos com ciclo de vida curtos. Há, via de regra, elevados níveis de desperdício e extração de recursos naturais, sendo comum que os bens materiais procedam de áreas industriais distantes da comunidade consumidora, promovendo fuga de capital e a distribuição desigual dos benefícios da produção (SANNE, 2002).

Ao mesmo tempo que há uma compreensão quanto a necessidade de alternativas ao modelo convencional de produção, observam-se oportunidades para a promoção de mudanças por meio das novas formas de organização e distribuição da informação com o advento da internet. Verifica-se uma crescente troca de dados, informações, conhecimento e cultura de forma livre e cada vez mais inclusiva por meio dessa rede. Com os avanços em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), são abertas oportunidades de desenvolvimento de soluções mais sustentáveis que outrora seriam improváveis ou até impossíveis (BENKLER, 2006). Dentre estas oportunidades se encontra a Fabricação Digital.

A Fabricação Digital é um processo de manufatura que envolve a transformação de desenhos digitais de duas ou três dimensões em objetos físicos por meio da utilização de ferramentas e

tecnologias controladas por computador (GERSHENFELD, 2012). Configura-se como um potencial vetor de mudança dos padrões de consumo e produção na direção da sustentabilidade, pois permite, dentre outras vantagens, a maior customização dos produtos, a possibilidade de produção local de baixa escala e com *setup* rápido e a redução drástica da demanda por sistemas logísticos de armazenamento e transporte.

A utilização dos equipamentos de Fabricação Digital, tais como a impressora 3D, vem se difundindo não somente entre profissionais, mas também entre *não-designers*, principalmente via *makerspaces* dedicados. Estes espaços de trabalho são equipados com máquinas variadas de Fabricação Digital e atuam como centros de aprendizagem e difusão de conhecimento, oferecendo atividades sociais a seus membros, como palestras, workshops e debates relacionados à tecnologia de uma maneira geral. Os *makerspaces* são referidos por uma série de termos, sendo que alguns indicam atividades diferenciadas ou sugerem graus diferentes de envolvimento com a comunidade (SMITH et al., 2013).

Uma característica comum entre estas espécies de “laboratórios criativos” é sua permanente interação com outros pares por meio da internet. Devido ao fato de estarem organizados em rede, indivíduos ou organizações se arranjam em Economias Distribuídas, ganhando massa crítica e outras potencialidades por meio de suas interconexões, que se iniciam através de suas necessidades e recursos locais, com possibilidade de expansão à escala global à medida que ocorre a progressão de seu desenvolvimento (JOHANSSON et al., 2005).

Uma atividade recorrente nestes casos é a adoção de estratégias que auxiliem a realizar o Design Distribuído de novos artefatos tangíveis e intangíveis. Entre estas estratégias encontra-se a Inovação Aberta, que pode ser definida como uma abordagem para a promoção de ideias, pensamentos, processos e pesquisas que fomentem a melhoria de produtos e serviços e o aumento da eficiência por meio da abertura de processos de inovação em organizações. Este termo, Inovação Aberta, é utilizado atualmente também para designar uma grande variedade de fenômenos relacionados, como a co-criação, a inteligência coletiva, o *crowd-sourcing*, o *crowd-design* e o *open-source* (WEST; GALLAGHER, 2007).

Este último, o *open-source*, por sua vez, se refere genericamente a uma abordagem de licenciamento livre para *designs* ou esquemas de produtos largamente utilizada no âmbito dos *makerspaces*. Nesse sentido, as obras contempladas por este paradigma estão protegidas por direito autoral, porém oferecem universalmente as liberdades de acesso, criação, modificação, publicação e distribuição por terceiros.

Outro cenário possível dentro do contexto das Economias Distribuídas é o da Produção Distribuída. Johansson et al. (2005) a definem como uma abordagem regional para promover inovação entre pequenas e médias empresas, assim como o desenvolvimento sustentável. Ela pode ocorrer também entre indivíduos ou grupo de indivíduos, fora do contexto empresarial (P2P – *Peer-to-Peer*). Esta dinâmica envolve o compartilhamento seletivo de uma produção flexível em pequena escala e sua distribuição por entre localidades sinergicamente conectadas umas com as outras. Tal visão inclui uma íntima relação entre fatores sociais e ambientais, estabelecendo estratégias de desenvolvimento inovadoras a serem alcançadas em diferentes regiões

(JOHANSSON et al., 2005). A Produção Distribuída possibilita a adoção de outras estratégias voltadas à produção e consumo sustentável como, por exemplo, o *fair trade* e a economia circular.

Esta conjuntura considera vários desafios, entre os quais o equilíbrio entre a busca da equidade social e ampliação do bem-estar com a redução do impacto ambiental. Como ponto crítico estão envolvidos estímulos de produção e consumo crescente e desenfreado, geralmente promovidos por políticas econômicas ortodoxas orientadas a oligopólios, que acarretam em elevados níveis de desperdício e extração de recursos naturais, dentre outros impactos ambientais (SANNE, 2002). Este tema possui uma sensibilidade política muito grande, visto que o sucesso de um governo ainda é medido por muitos pela capacidade de elevação dos níveis de consumo de uma população.

Portanto, um pressuposto fundamental do presente estudo é que a busca pela Produção e Design Distribuídos se constitui em um cenário desejável, em particular para as comunidades de baixa renda no Brasil, onde há a demanda por soluções customizadas ao mesmo tempo que é social e economicamente relevante a adoção de uma produção de base local. Assim, desvendar as barreiras e oportunidades frente ao atendimento da demanda por artefatos na Habitação de Interesse Social de forma mais sustentável que os modos convencionais de produção e consumo é o mote principal deste projeto.

Outro pressuposto é de que a Fabricação Digital é viável do ponto de vista técnico-econômico e entrega maior valor para o consumidor de baixa renda em comparação a estruturas ortodoxas de oferta de mobiliário doméstico. A utilização de modelos *open-source* voltados à Fabricação Digital pode possibilitar a ampliação das fontes de renda entre atores locais, ao mesmo tempo que viabiliza a sustentação econômica do profissional *designer*.

2. Justificativa

No âmbito do Design, a intensa utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) abre caminhos através de novas teorias e metodologias, as quais tem se atribuído o termo *Design Digital* (OXMAN, 2006). O uso crescente das ferramentas de Fabricação Digital se alinha ao próprio desenvolvimento do Design Digital, auxiliando não apenas o desenvolvimento de protótipos, mas também a construção rápida de modelos físicos para revisão e o processo de constituição do produto finalizado (SASS, 2007). Além de contribuir para o domínio de formas mais complexas, a Fabricação Digital implica na possibilidade de melhor depuração, aperfeiçoamento e customização de alternativas (OXMAN, 2006), permitindo um maior potencial de inovação em relação a práticas convencionais de projeto.

Os processos de Fabricação Digital possuem uma grande variedade de aplicações na indústria, sendo observados por Jacobson (2015) como de grande potencial no lançamento e introdução rápida de novos produtos com maior qualidade e melhor suporte de pós-venda. Eles oferecem a possibilidade de ampliar a intensidade da comunicação entre fabricantes e seus fornecedores, além da comunicação entre fabricantes e os próprios usuários. Além disto, a dinâmica do processo de Fabricação Digital permite aumentar a habilidade de uma empresa em encontrar erros e adicionar melhorias com um investimento menor de tempo e dinheiro, respondendo mais rapidamente aos

desejos do consumidor e do mercado (JACOBSON, 2015). Estes argumentos, apesar disso, carregam em si um risco de efeito colateral em se tratando da sustentabilidade: a ampliação do impacto ambiental por meio do estímulo ao aumento do consumo decorrente dos atributos da Fabricação Digital.

Segundo Howe (2006), o processo de democratização do acesso às máquinas de Fabricação Digital, ainda vivenciado no período de escrita desse artigo, é fruto do avanço tecnológico e da subsequente queda dos custos associados a estas tecnologias, o que outrora separava amadores e profissionais. Além disso, o número de *hackerspaces* e *Fab Labs*, em particular, cresce rapidamente, sendo mais de 1800 laboratórios ativos instalados pelo mundo. Nesse sentido é possível destacar a iniciativa da prefeitura da cidade de São Paulo, que instalou a maior rede de laboratórios públicos de Fabricação Digital do mundo entre os anos de 2015 e 2016, que atende entre 4500 e 5000 pessoas mensalmente (OLIVEIRA, 2016). Seu uso também amplia o acesso às novas tecnologias e permite que sejam desenvolvidas experimentações participativas, principalmente por meio da realização de projetos de cunho pessoal ou coletivo.

Na medida em que muitos destes projetos são disponibilizados gratuitamente na internet em formato *open-source* e digital, é possível projetar colaborativamente com outros pares baseados em diversas regiões do planeta. O resultado deste processo é uma intensa interação, o que envolve a auto-organização de seus participantes em comunidades, o compartilhamento de informações e a geração de conteúdo socialmente relevante por meio da internet (KOHTALA, 2014).

Dessa forma, entusiastas, *makers*, curiosos e usuários estão habilitados (ou tem a possibilidade de se habilitar) para o envolvimento no PDP, principalmente sob o modelo *open-source*. Esta visão implica no efetivo empoderamento desses atores, os quais deixam de ter uma atuação meramente passiva para uma postura ativa no desenvolvimento de soluções para si e para a comunidade. Neste novo paradigma, os modos de inovação se alteram, colocando os indivíduos em um papel de *co-designers* de soluções voltadas muitas vezes para o provimento de sua própria unidade de satisfação (TROXLER, 2010).

Nesse sentido, vislumbra-se a possibilidade de integrar as comunidades de baixa renda no processo decisório de confecção de novos produtos, respondendo diretamente a uma necessidade social de melhoria da qualidade de vida no âmbito das Habitações de Interesse Social. Entende-se que o direito à moradia não está somente em ocupá-la, e sim na obtenção de todas as características que a circunda e que garantam acessibilidade, segurança e a dignidade física e mental de seus residentes. Em um panorama de profunda desigualdade, essa população sofre pela herança do intenso processo de urbanização que se iniciou na década de 40 no Brasil. São 3,2 milhões de domicílios em áreas de assentamentos precários e um déficit habitacional de cerca de 5,8 milhões de residências (CEM/CEBRAP, 2007). Além da baixa renda, este processo é agravado também pela apropriação especulativa de terra urbanizada e por uma inadequação das políticas de habitação do país ao longo do tempo (MCIDADES, 2009).

Como forma de estipular uma estratégia de longo prazo para equacionar estas necessidades, a Lei 11.124/05 estruturou o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social, elaborado sob a coordenação da Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades. Este sistema, por sua vez, implantou o Plano Nacional de Habitação – PlanHab – que é instrumento de política

urbana que utiliza os modelos de financiamento e subsídio governamentais para a universalização da moradia digna no Brasil. Isto inclui a criação de uma cadeia produtiva de construção civil voltada à Habitação de Interesse Social. O projeto possui horizonte temporal de atuação até 2023. Suas ações e diretrizes já se desdobraram em pelo menos duas iniciativas de investimento público no setor habitacional: o direcionamento de verbas do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) (MCIDADES, 2009).

As políticas de habitação brasileiras carecem do estudo aprofundado dos requisitos do usuário de baixa renda e da transposição destes dados para a concepção de residências dignas, associadas aos desejos dessa população. A grande demanda por Habitações de Interesse Social no Brasil acaba por impor a redução de custos, o que implica em qualidades baixas no projeto e na execução (MULLER et al., 2013). Essas condições acabam por gerar uma dificuldade de inserção social e de apropriação espacial e, conseqüentemente, de fixação das famílias em seu local de moradia.

O espaço dessas casas é frequentemente reduzido, o que implica no posicionamento de móveis e outros objetos em locais inadequados, que prejudicam o fluxo de circulação e as demais atividades cotidianas dos usuários (MULLER et al., 2013). Somado a isto, percebe-se uma deficiência do mercado em atender esta população com a oferta de produtos financeiramente acessíveis e que estejam adequados à esta e outras condições (MULLER et al., 2013). Sendo assim, a Fabricação Digital pode se mostrar uma iniciativa inteligente para a entrega de artefatos compatíveis com a realidade do morador de HIS.

Neste mesmo contexto, verifica-se o crescente acesso da população de baixa renda à internet (IBGE, 2013) e o aumento do consumo por meio da utilização de plataformas digitais. Estes dados indicam possíveis caminhos para o emprego das abordagens de Produção e Design Distribuídos para a obtenção de cenários de produção e consumo mais sustentáveis. Entre as possibilidades estão novas maneiras de se promover uma maior longevidade aos produtos de consumo, a integração destes à ciclos fechados de produção e descarte (economia circular), bem como a viabilização de uma produção localizada, que favoreça as condições e particularidades de um determinado contexto. Segundo Kohtala (2014, p.1, tradução livre), essas abordagens têm “potencial para ser mais limpa e enxuta, mitigando ou eliminando os problemas ambientais e sociais associados à produção em massa”.

3. Economia Distribuída

A alta demanda por produtos individualizados ou customizados, que respeitem as circunstâncias e as necessidades locais e que considerem as dimensões socioambientais e a utilização eficiente de recursos, exige a criação de conceitos inovadores que substituam as estruturas tradicionais de produção e também de distribuição de artefatos. Neste sentido, a chamada Economia Distribuída, que inclui as abordagens de Produção e Design Distribuídos, envolve a estratégia para a distribuição de parte selecionada de uma produção para regiões onde estão sendo organizadas atividades de apoio à fabricação flexível em pequena escala, orientadas ao consumo no território onde se encontram.

Por meio de pequenas unidades fabris locais conectadas umas às outras (vide Figura 1), promove-se a inovação, o desenvolvimento sustentável, o aumento da diversidade social e da qualidade de vida, maximizando o capital social e o espírito coletivo (JOHANSSON et al., 2005).

Este modelo econômico, segundo Vezolli (2010), é uma alternativa compatível com a



Figura 1: Estrutura de produção das Economias Distribuídas. Adaptado de LeNSin (2016).

realidade da sustentabilidade, promovendo maior equidade entre os atores-chave. Uma de suas principais características é a íntima relação entre fatores econômicos, sociais e ambientais, buscando melhoramento nestas três esferas. As interconexões promovidas entre as empresas, que estão dispostas em rede, fornecem massa crítica e permitem a expansão global por meio de seus desenvolvimentos.

A disposição estrutural das Economias Distribuídas representa uma mudança de paradigma no que se refere a forma de organização dos sistemas de fabricação dominantes e a participação do usuário na produção. Neste sentido, entende-se que há uma transição entre estruturas de produção centralizadas para descentralizadas e distribuídas (LENSIN, 2016).

A produção centralizada é caracterizada pelo emprego de unidades de fabricação em larga escala que se utilizam de grandes redes de distribuição frequentemente dispostas de maneira distanciada do ponto de uso do produto para levar a produção até os consumidores. O esgotamento dos recursos naturais no seu entorno exige a extração de recursos a distâncias cada vez maiores. Ao mesmo tempo, a demanda por recursos humanos via de regra impõe a migração de grande volume de operários de outras regiões (LENSIN, 2016).

As economias descentralizadas podem ser definidas pelo emprego de unidades menores de produção que atendem consumidores locais, assim como acontece com as Economias Distribuídas. A diferenciação entre as abordagens está no acesso direto dos usuários aos meios e recursos e no aumento da participação local na extração, produção e uso de tais recursos (LENSIN, 2016).

3.1 Produção Distribuída

O emprego da expressão “Produção Distribuída” está convencionado neste trabalho para remeter à criação de um sistema de unidade de produção em pequena escala, onde se preconiza a

transformação de indivíduos, pequenos negócios e/ou uma comunidade local, organizados em rede, em produtores de bens e serviços (LENSIN, 2016).

Visto o recente desenvolvimento de tecnologias computacionais - em especial as de Fabricação Digital, decisivas para que se habilitassem novas maneiras de se fabricar artefatos em regiões isoladas (MATT et al., 2015) - nota-se a relevância do estudo desta abordagem (encontrada na literatura também como *distributed manufacturing* ou *distributed production of products*). A Produção Distribuída se refere, de maneira um pouco mais aprofundada, à criação de valor em diferentes pontos na geografia por meio da produção de artefatos que utilizem informação em rede e recursos locais. Isto significa que tanto a matéria-prima como os métodos de fabricação estão dispostos de maneira descentralizada, sendo que o produto final é fabricado de maneira próxima ao consumidor. Parte deste conceito está na capacidade facilitada de transmissão de dados em rede, permitindo que sejam substituídos os materiais da cadeia de fornecimento por informação digital (KOHTALA, 2014; MATT et al., 2015).

No âmbito da engenharia e da gestão de operações, a Produção Distribuída está ligada ao planejamento da produção para empresas em rede, visando a flexibilidade, agilidade e melhor orientação do consumidor na produção e na customização em massa. Este termo também pode se referir a modelos de negócio alternativos e oportunidades para uma produção e consumo socialmente mais benéficos e responsáveis (KOHTALA, 2014).

3.2 Design Distribuído

Segundo LeNSin (2016), o Design Distribuído está relacionado à participação de diferentes atores na concepção de artefatos por meio da Inovação Aberta (WEST; GALLAGHER, 2007). No conceito de Design Distribuído também se incluem a viabilização de pequenas unidades de *design* (tal como uma pessoa ou computador), onde indivíduos, pequenos e médios e negócios e/ou comunidades locais se conectam. Um exemplo desta abordagem é o OSVehicle, uma plataforma modular para carros elétricos que permite empresas startups a projetar, prototipar e construir seus próprios veículos e serviços de transporte. Neste caso, a estratégia de Inovação Aberta é o *open-source*.

Open-source se refere a um fenômeno recente, que introduz uma flexibilização das possibilidades de utilização de objetos físicos, e que carece de consenso na literatura quanto à sua definição exata, bem como à nomenclatura empregada. Apesar de existir diferenciações, é possível observar muitas similaridades entre os conceitos existentes. Sob a perspectiva do *Design*, tais conceitos por vezes se fundem e exprimem o que genericamente neste trabalho é chamado *open-design*.

Para Avital (2011), *open-design* se refere ao acesso livre a *blueprints* (desenhos técnicos) digitais que podem ser adaptados à vontade para atender a requisitos individuais e, logo, podem ser usados por consumidores na fabricação de produtos sob demanda, por meio de métodos de produção convencionais. O modelo do *open-design* achata a cadeia de valor tradicional, formada pela relação *desenvolvedor-fabricante-distribuidor-consumidor*, e oferece como alternativa uma teia aberta de relações diretas entre desenvolvedores e consumidores. Como resultado, as relações

(diretas, transitórias e não-hierárquicas) criam uma rede dinâmica e flexível de *design* de *blueprints* não somente centrada nos usuários, mas também direcionada pelo usuário.

Este e os demais conceitos se expandiram nos últimos anos, de acordo com Martinez e Stager (2014), por meio do acesso a ferramentas, instruções e ideias gratuitas, todas viabilizadas por comunidades cooperativas, auto-organizadas e, em grande parte, voluntárias.

3.3 Tendências para Sistemas Distribuídos

Paradigmas de projeto e produção tendem a se alterar à medida em que são requisitadas novas formas de redução de prazos e custos de entrega, que permitam que estes sejam mais sustentáveis e que proporcionem a flexibilidade necessária para o atendimento da demanda de consumo de produtos cada vez mais individualizados (MATT et al., 2015).

Matt et al. (2015) apontam também outras tendências que futuros sistemas de Produção e Design Distribuídos poderão contemplar, de acordo com suas observações: a) a democratização do *Design* - usuários finais participam da criação de produtos por meio de ferramentas do Design Digital; b) a ênfase na proximidade entre consumidor e o mercado; c) o uso inteligente/adequado de recursos; d) o regionalismo e autenticidade de características locais.



Figura 2: Conceituação do panorama da Produção Distribuída. Adaptado de Kohtala (2014).

Neste mesmo sentido, como forma de mapear as atividades e pesquisas atuais e emergentes sobre a Produção Distribuída, Kohtala (2014) analisou diversos artigos sobre o tema e conduziu uma investigação que, entre outros objetivos, implica na criação um mapa conceitual que auxilia o entendimento da matéria. Nesta representação gráfica (Figura 2) disposta sobre eixos cartesianos, os quadrantes não possuem fronteiras rígidas, sendo uma transição contínua. Como

a Produção Distribuída pode ser conduzida por razões econômicas, a autora destaca em dois extremos do gráfico onde essas situações se aplicam com maior e menor influência.

Kohtala (2014) propõe a utilização da “escala de produção” e o “nível de controle sobre o input do usuário” como critérios para apontar a adequação da utilização ou não da Fabricação Digital nos casos explorados. Ao longo do eixo X, há uma variação quanto à escala de produção, podendo esta ser maior ou menor, de acordo com o posicionamento no gráfico. Sobre o eixo Y se mede a possibilidade de controle do usuário sobre a produção, sendo este mero consumidor ou então um *prosumer* (um produtor e também consumidor) (vide Figura 2).

A parte inferior reflete as modalidades que mais se aproximam do paradigma da indústria atual. É ali que se encontra a customização em massa (tradução de “*mass customization*”), o tema mais frequente nos documentos consultados por Kohtala (2014), tendo sido abordado e exemplificado anteriormente no presente trabalho. Neste caso há um claro foco no controle do *input* do usuário, ofertando a personalização por meio de lotes de produção ou o emprego de módulos (KOHTALA, 2014).

A fabricação pessoal (tradução de “*personal fabrication*”), por sua vez, é destacada também como uma tendência para sistemas de Produção Distribuída. Disposta no quadrante superior direito da Figura 2, nela os usuários possuem autonomia do meio de produção, criando e modificando a estrutura de produtos de acordo com sua própria unidade de satisfação. A atividade *maker* hospedada em *makerspaces* ou *Fab Labs*, que se dá por meio de pequenas escalas de produção, materiais e equipamento, é um exemplo desta abordagem (KOHTALA, 2014).

No quadrante inferior da direita, a “fabricação em massa” (tradução de “*mass fabrication*”, abordagem que, segundo a autora, é diferente de “*mass production*” - a modalidade mais reproduzida atualmente pela indústria) é definida por Kohtala (2014) como uma atividade semelhante à da fabricação pessoal, porém em grandes dimensões. Esta modalidade ainda não é presente nas situações do cotidiano, porém foi teorizada em artigos acadêmicos revisados pela autora. Um exemplo dessa “fabricação em massa” seria uma versão material do desenvolvimento e compartilhamento de conteúdo entre pares visível na internet atualmente, com ênfase do usuário sobre o que é projetado e materializado.

O último tema que Kohtala (2014) considera relevante no âmbito da Produção Distribuída se refere à fabricação sob medida (tradução de “*bespoke fabrication*”), que envolve uma pequena escala de produção na qual as decisões de projeto e produção ficam nas mãos do fabricante, apesar de seus serviços serem acionados por meio da entrada de dados por parte do usuário. Um exemplo clássico para esta abordagem é o ofício de alfaiataria, que consiste na criação de roupas masculinas de forma artesanal.

3.4 Produção e Design Distribuídos e o Morador de HIS

Após a apresentação das abordagens mais relevantes para a Produção e Design Distribuídos, considera-se importante dizer como estas se relacionam com o morador de Habitação de Interesse Social.

De acordo com o Centro de Excelência em Varejo da FGV (CEV FGV, 2013), a população de baixa renda no Brasil representa cerca de 40% da população, algo como 80 milhões de pessoas. Dentro deste universo, a População Economicamente Ativa recebe menos que três salários mínimos por mês e, ao menos nesse quesito, estão aptas para participar de programas governamentais de habitação brasileiros (MCIDADES, 2009).

Nesse sentido, Moreira (2014) enxerga uma retomada da questão da Habitação de Interesse Social pelos poderes públicos na atualidade. Por meio de um entendimento mais consolidado entre organismos governamentais, planos começaram a ser elaborados, colocando ao centro da discussão a necessidade de se promover a melhoria das condições da população de baixa renda, integrando unidades habitacionais à vida na cidade.

Dessa forma, a Produção e Design Distribuídos podem se tornar abordagens complementares importantes na tarefa de elevação das condições socioeconômicas de toda esta população. Como exemplo desta dinâmica, pode-se citar Johansson (2005), que afirma que os integrantes deste grupo poderão se beneficiar por meio da possibilidade de capacitação e atuação em atividades que envolvem sistemas distribuídos.

A proximidade de pequenas unidades de fabricação aos moradores de Habitação de Interesse Social, enquanto consumidores, poderá resultar também em um melhor entendimento dos problemas que afligem destes sujeitos. Dessa forma há a viabilidade de entrega e suporte mais rápido a serviços e produtos locais, os quais estão diretamente relacionados com as necessidades do público de baixa renda (KOHTALA, 2014).

4. Fabricação Digital e oportunidades para a Economia Distribuída

A Fabricação Digital implica em uma maior aproximação do projetista com o processo de manufatura de suas criações, facilitando a maneira com que *designers* apresentam, comunicam e materializam suas soluções e proposições por meio da integração de diversas mídias na conceitualização, realização, comunicação e produção de artefatos (SASS, 2007).

Outro reflexo notável que surge da utilização da Fabricação Digital está relacionado com alterações nas possibilidades de produção e consumo. Na medida que estes equipamentos e softwares se tornam cada vez mais acessíveis, usuários são capazes de determinar quando a produção ocorrerá (produção puxada) ou então de fabricar as coisas por conta própria, no interior de suas residências ou em espaços criativos (BENKLER, 2006).

A Fabricação Digital também é vista na presente pesquisa como um caminho pelo qual é possível integrar o consumidor de baixa renda, morador de Habitação de Interesse Social, no Processo de Desenvolvimento de Produtos. Dessa forma, este ator poderá determinar (com maior facilidade e menores custos) as qualidades intrínsecas que um artefato deve possuir de acordo com suas demandas individuais ou coletivas (DIEGEL et al., 2010).

Durante a feitura deste artigo foi constatada uma grande variedade de tecnologias de manufatura orientadas à Fabricação Digital, sendo que entre as mais recorrentes estão a impressão 3D, o corte a laser e o fresamento CNC. Dentre elas, a tecnologia que mais cresce na época da

escrita deste trabalho em termos de utilização e desenvolvimento é a manufatura aditiva (AM – *additional manufacturing*), conhecida também pela alcunha de “impressão 3D” (WOHLERS, 2002).

A Fabricação Digital está ligada a novas competências de manufatura, como por exemplo, àquelas associadas à utilização de sistemas de controle CNC (*Computer Numeric Control* – Comando Numérico Computadorizado). Os sistemas CNC são baseados no controle simultâneo de vários eixos por meio de um sistema de coordenadas codificadas. Este sistema é responsável por uma grande mudança na produção moderna, sendo largamente utilizado em grandes indústrias em suas linhas de montagem desde os anos 80 (WOHLERS, 2002).

Quanto às suas finalidades, as ferramentas de Fabricação Digital podem ser utilizadas em duas situações: para a Prototipagem Rápida - PR - (*rapid prototyping* ou *digital prototyping*) ou para a Fabricação Rápida - FR - de produtos finalizados (*rapid manufacturing* – também referido como *digital fabrication* ou *digital manufacturing*). Em ambos os casos o termo “rápida” se refere a ausência de intervenção manual, com *setup* automático ou semiautomático, refletindo a transformação de dados digitais em um artefato físico. A única diferença entre as abordagens está somente no propósito do objeto final.

Há unanimidade em dizer a PR é uma ferramenta na redução de custos e tempo de projeto e produção. Além disso, fornece um ambiente integrado e compreensivo para o estudo da forma, construção do espaço e entendimento da física dos materiais empregados nos processos de fabricação (SASS; OXMAN, 2006).

Os primeiros usos da PR estavam relacionados principalmente a estudos formais nas etapas de projeto de produto, visualizando-o em escala ou tamanho real antes da fabricação seriada, orientando as tomadas de decisão durante seu desenvolvimento. Na sequência, os protótipos passam a ser importantes ferramentas de testes, avaliação e melhorias dos processos industriais (VOLPATO et al., 2007).

Considerando que as etapas gerais de Prototipagem Rápida e de Fabricação Rápida são as mesmas em termos gerais, a diferenciação entre protótipo e elemento construtivo (componentes de sistemas de produtos) fica cada vez menor. Equipamentos controlados numericamente são utilizados em um processo “*file-to-factory*” (do arquivo para a fábrica), envolvendo a comunicação direta entre computadores e as máquinas de Fabricação Digital para a manufatura de elementos construtivos personalizados de estruturas na arquitetura e na construção, por exemplo (PUPO, 2009).

Um exemplo que ilustra a Fabricação Digital para a produção de peças que se destinam ao seu uso final é o projeto Solar House, criado pelo Fab Lab Barcelona (Figura 3, à esquerda). Projetada com materiais de origem comum para fabricação em qualquer localidade, essa estrutura personalizada foi desenvolvida para que seja autossuficiente em energia, incorporando tecnologias que permitam sua máxima eficiência. Sua geometria foi inteiramente desenhada no computador e fabricada com painéis de madeira compensada cortados a laser. Sua forma não-convencional é fruto da modelagem paramétrica, e seus custos tendem a diminuir conforme o aumento da demanda pelo projeto. Ao eliminar a etapa de molde de concreto, presente no projeto de construções comuns, os criadores estimam economizar 25% de energia pela escolha dos

materiais, menor tempo de execução e mão-de-obra, considerando as condições complexas do projeto (FABLAB HOUSE, 2017).



Figura 3: Projeto Solar House e molde fabricado por impressão 3D. FabLab House (2017); Moldmaking (2014).

No campo do desenho de produtos, a Fabricação Digital baseada no *file-to-factory* é empregada com destaque pela indústria metalomecânica, aeroespacial e automotiva, principalmente na construção de componentes. Engenheiros da *European Aeronautic Defence and Space Company* (EADS), pertencente ao Airbus Group, desenvolveram em 2011 a primeira bicicleta produzida pela tecnologia de sistemas aditivos. O processo de manufatura é semelhante à impressão 3D, sendo que a leve estrutura, feita de nylon, pode ter resistência comparada com a do aço. O fabricante também informa que a produção deste artigo gera muito menos desperdício, além de poder ser fabricado próximo ao local de demanda (RIDDEN, 2011).

Outro uso recorrente da Fabricação Rápida também está relacionado ao *rapid tooling* (ferramental rápido), que consiste na manufatura de ferramentas customizadas, como gabaritos e moldes para uma variedade de aplicações, que vão do suporte ao processo de injeção industrial (Figura 3, à direita) e operações de fundição de artefatos à estampagem de folhas de metal.

Segundo Rayna e Striukova (2015), o *rapid tooling* faz parte da manufatura “tradicional”, acelerando os processos de produção e diminuindo seus custos, viabilizando a produção de uma variedade maior de produtos. Os autores ainda relatam que esta prática não possui vantagens econômicas para pequenos volumes, porém viabilizam alguns elementos para a produção personalizada e para a customização em massa. Um exemplo local (de Curitiba, Paraná, Brasil) de utilização do *rapid tooling* é o da empresa Holaria, que se ampara no processo de impressão 3D para criação de moldes para seus produtos cerâmicos.

As tecnologias de Fabricação Digital estão cada vez mais acessíveis uma vez que têm se disseminado rapidamente, diminuindo os custos para aquisição de serviços ou dos equipamentos e softwares em si. Entre as várias causas para isso, pode-se citar a miniaturização da produção, a submissão de soluções criativas *open-source* na internet e a abertura de patentes. A partir daí, entende-se que a Fabricação Digital tem um grande espectro de possibilidades, incluindo soluções que permitem investimentos iniciais baixos e com alta customização, o que pode levar a um sentimento de maior pertencimento e contribuir para a extensão do ciclo de vida dos produtos. Intui-se que esta abordagem ainda pode auxiliar no processo de ensino quando utilizada pelo educador como ferramenta que explora novas maneiras de expressão pessoal e novas formas de interação humana.

O barateamento e popularização das tecnologias de Fabricação Digital possibilitam também que as pessoas adquiram tais máquinas para utilização individualizada. Este fenômeno e o seu estudo são relativamente recentes e podem contribuir para o meio acadêmico na formação de pesquisadores comprometidos com uma educação tecnológica voltada para responsabilidade ambiental.

4.1 Riscos percebidos

Entende-se que a Fabricação Digital, muito embora se mostre eficiente em determinados aspectos dentro do panorama da sustentabilidade, pode estar sujeita a causar mais impactos ambientais quando em comparação a abordagens *low-tech*. Além disso, ela também carrega em si o risco do estímulo ao aumento do consumo (KOHTALA, 2014). Toma-se como exemplo a situação hipotética da utilização de equipamentos de fabricação para o propósito de se replicar continuamente um produto *commodity*. Neste caso, o processo não é regido por diretrizes que controlam, por exemplo, a segurança no trabalho, a qualidade dos processos e o uso eficiente de recursos, como na produção em massa.

Sendo assim, percebe-se que devem haver limites ou regulamentos que diferenciem quais as atividades são de fato benéficas (e.g. a implementação de solução duradoura e específica não suprida pela indústria) das que envolvem um possível prejuízo ambiental, social e/ou econômico. Intui-se, no entanto, que o controle de atividades em espaços tão distintos entre si (que podem variar de uma residência equipada com uma máquina de mesa à uma planta industrial), que são muitas vezes compartilhados e distribuídos ao redor do planeta, pode ser um grande desafio para entidades reguladoras.

Uma outra circunstância que esteve bastante presente na mídia mundial em um dado momento da feitura do presente artigo está relacionada com a fabricação de armas de fogo impressas em 3D. Essa polêmica causou, em julho de 2016, a aprovação de uma lei no estado da Califórnia (EUA) que impõe aos detentores de tais artefatos a perícia, a marcação com um número de controle e a proibição da venda e da transferência destes objetos. Apesar de se entender que este tipo de prática deva ser regulamentada, deve-se evitar a todo custo o risco de criação de meios jurídicos que possam restringir o uso das tecnologias associadas.

Outra problemática se refere à possibilidade de replicação sem permissão e o ferimento às leis de propriedade intelectual, tal como acontece na indústria da música atualmente. Neste caso foram introduzidas, sem sucesso, novas tecnologias que restringiam a cópia de arquivos. A solução utilizada atualmente para esta situação, segundo Gershenfeld (2012), poderia ser transposta para a Fabricação Digital: a criação de lojas de compra e venda legal de arquivos digitais que atendem interesses específicos não suportados pela manufatura em massa. Por fim, entende-se que a utilização estendida da Fabricação Digital para os vários meios em que seu emprego se justifique pode levar à exclusão de analfabetos tecnológicos.

5. Método

A estratégia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa envolveu duas etapas principais (Figura 4): 1) revisão bibliográfica assistemática e sistemática, a fim de estabelecer os principais constructos sobre Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos; 2) Pesquisa-Ação estratégica combinada com *Design Science Research*, com foco no desenvolvimento de um cenário para a utilização de equipamentos de Fabricação Digital alinhados à abordagem da Produção e Design Distribuídos.

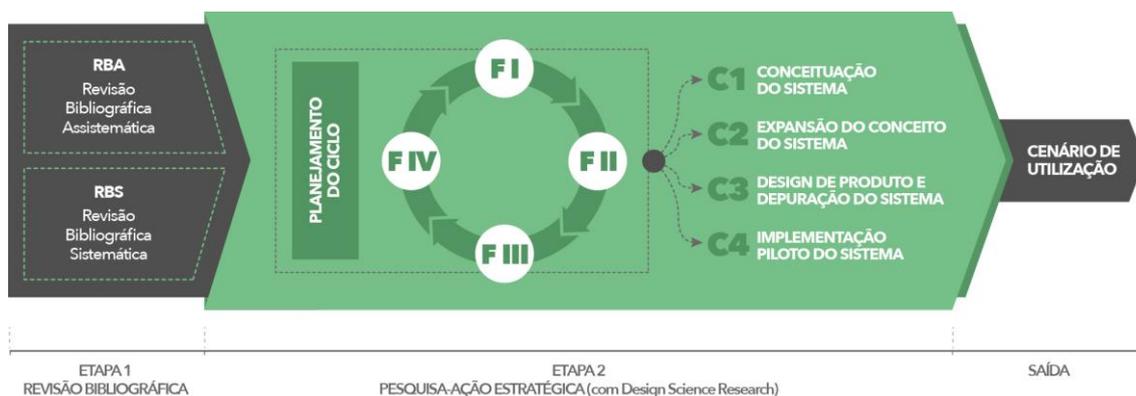


Figura 4: Visão geral do método. Elaborado pelos autores.

A Pesquisa-Ação envolveu a criação de um Sistema Produto+Serviço Sustentável (SPSS) orientado à Economia Distribuída, voltado à oferta de mobiliário residencial *open-source* para moradores de Habitação de Interesse Social. Para tanto, este processo se desenvolveu por meio de quatro ciclos de pesquisa, os quais foram compostos por quatro fases distintas, conforme pode ser visto a seguir e na Figura 4.

- Fase I - coleta de dados;
- Fase II - análise de dados e planejamento de ações;
- Fase III - implementação de ações;
- Fase IV - avaliação de resultados.

É importante destacar que entre estas fases houve um trânsito flexível do pesquisador, que não implicou obrigatoriamente em uma condução linear de atividades.

Para atingir os objetivos da pesquisa, os ciclos de ação desempenhados em campo nesta dissertação foram:

- Ciclo 1 - a conceituação de um novo Sistema que utilizasse as abordagens de Fabricação Digital e em um contexto de Produção e Design Distribuídos;
- Ciclo 2 - a expansão do conceito desenvolvido para o Sistema;
- Ciclo 3 - o processo de *Design* de um produto compatível com o Sistema e a utilização de atividades que se desenvolveriam na depuração de seu conceito;
- Ciclo 4 - a implementação piloto do Sistema.

Uma das características centrais da Pesquisa-Ação estratégica diz respeito à colaboração ativa entre os membros do sistema estudado e pesquisadores em fases (em específico nas fases I e IV,

de coleta e avaliação de resultados, respectivamente), participando no apoio ao desenvolvimento da pesquisa e, dessa maneira, influenciando as tomadas de decisão do pesquisador.

Tais agentes, denominados atores-chave, são listados na sequência:

- a) *Makers*, que utilizaram o pensamento coletivo para projetar soluções para móveis que suprissem necessidades específicas de moradores de Habitação de Interesse Social;
- b) Fabricantes digitais, que atuaram no fabrico de peças de mobiliário e seus acabamentos, além de efetuar entregas e montagens.
- c) Consumidores de baixa renda, moradores de Habitação de Interesse Social, que utilizam o serviço proposto.
- d) Uma “plataforma” – entidade/empresa que se encarrega da gestão do sistema de compras, fabricação e entregas online. No caso da presente pesquisa estas atribuições foram simuladas, dispensando a participação de um ator real. Destaca-se, no entanto, que a presença deste elemento é fundamental para o funcionamento do Sistema proposto.

No intuito de se manter uma estrutura metodológica rigorosa, necessária para conferir a cientificidade necessária para o projeto, todas as ações desenvolvidas tiveram apego ao conjunto de regras estabelecidas e justificadas inicialmente.

Vale ressaltar que, além da Pesquisa-Ação, a utilização de outras ferramentas foi muito importante para a caracterização da presente pesquisa. Intui-se que a exploração delas, tais como *Sustainability Design-Orienting Toolkit* (VEZZOLI, 2010), *Mapa de Sistema* (VEZZOLI, 2010), *Diagrama de Polaridade* (VEZZOLI, 2010), *Open Platform Design Flowchart*, *Customer Journey Mapping Game* (TASSI, 2016), *Blueprint* (TASSI, 2016), *RITE* (MEDLOCK et al., 2020), *Think Aloud* (TASSI, 2016) e outras, em paralelo ao método principal, foi capaz de contribuir para o refinamento das análises e validações qualitativas e interpretativas, o que reforça a pertinência de seus empregos, abrindo espaço para a possibilidade de inclusão de novas abordagens.

6. Resultados

O resultado obtido ao final da implementação dos quatro ciclos de ação na presente pesquisa não pretende ser versão definitiva; ao invés disso entende-se que, se mantida a condução da Pesquisa-Ação nos mesmos moldes, novos dados poderiam apontar e demandar novas estratégias. Da mesma maneira, a introdução de dados oriundos de contextos diferentes poderia levar a outros vieses.

Nesse sentido, valorizam-se o processo e as descobertas das diversas barreiras que podem ser encontradas no percurso de implementação real deste Sistema e de outros semelhantes. Embora a literatura consultada já oferecesse um panorama complexo para a implementação das abordagens consideradas neste trabalho, a realização da pesquisa de campo também foi capaz de apontar características que devem ser consideradas especificamente para o contexto do público de baixa renda. As proposições feitas para superar estas barreiras podem inspirar novos caminhos, contribuindo para os estudos da Fabricação Digital e da Economia Distribuída. Tais barreiras e proposições são expostas na sequência.

- **Promover atividades empáticas** - Foi verificado que as abordagens de Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos são desconhecidos a um ou mais atores-chave do Sistema. Nesse sentido, propõe-se a promoção de atividades empáticas entre estes, como forma de integrá-los das atividades e promover o engajamento necessário para a colaboração;
- **Combater a desinformação** - Há um grande ceticismo de empresas para as abordagens open-source e de abertura do PDP para a participação de comunidades. Indica-se a utilização das estratégias citadas no item anterior para demonstrar os seus potenciais benefícios;
- **Qualificar players** - O número de fabricantes digitais qualificados é pequeno no Brasil. Pode-se afirmar que a mão-de-obra especialista na operação de CNC na indústria moveleira é bastante inexpressiva. Estes atores poderão se envolver em sistemas distribuídos na medida em que se qualifiquem tecnicamente para atividades como estas. Intui-se que o desenvolvimento e barateamento de equipamentos em vigor causará naturalmente a especialização de novos atores. Além disso, novos cursos podem ser ofertados por organizações que apoiem a área industrial por meio da formação de recursos humanos, tal como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI);
- **Monitorar a interação entre equipamentos e indivíduos** - Recomenda-se a revisão do estado das interações das tecnologias de Fabricação Digital com a sociedade, já que foi verificado que esta característica vem sendo alterada com frequência. Na medida em que escolas, prefeituras e espaços públicos seguem a tendência de agregar estes equipamentos, entende-se que a geração futura, que conviverá mais intimamente com estas máquinas e *softwares*, também possuirá visões de uso distintas das que foram percebidas até aqui. Essa condição colabora diretamente para que se vença boa parte das barreiras identificadas para implementação real do Sistema proposto no trabalho;
- **Desenvolver e aperfeiçoar softwares** - Há uma ausência de recursos de baixo custo e intuitivos que permitam a criação, a manipulação e a visualização ampliada das características de um artefato em ambientes digitais. Nesse sentido, devem ser desenvolvidos e aperfeiçoados softwares que trabalhem com hologramas, realidade aumentada, mapeamento 3D ou semelhantes;
- **Desenvolver estratégias de qualidade** - Verificou-se a inexistência de serviço que oferte a calibragem automatizada e remota de equipamentos, entendida como crucial do ponto de vista do manutenção da gestão da produção e da qualidade de produtos no contexto da Produção Distribuída;
- **Desenvolver estratégias voltadas para o ciclo de vida dos produtos** - Foi percebida a necessidade de realização de estudos que ofereçam recomendações ou novos meios para a utilização de equipamentos de Fabricação Digital de forma a maximizar o uso e reuso de recursos e componentes, considerando todo o ciclo de vida dos produtos;
- **Desenvolver legislação para Sistemas Produto+Serviço** - Intui-se que a disseminação de sistemas deste tipo provocará uma reação espontânea nos órgãos competentes, que podem ser estimulados à criação de dispositivos legais específicos, que favoreçam suas atividades no âmbito das regiões administrativas por meio de debates públicos.

- **Considerar novos vieses de pesquisa** - Entendendo que a Pesquisa-Ação desenvolvida representa um dos possíveis recortes para o alcance dos objetivos da investigação, propõe-se que sejam considerados outros vieses, enriquecendo o estado da pesquisa com a inclusão de novas abordagens.

Entre as possibilidades de financiamento do conceito criado, entende-se que o poder público possui o interesse e as condições necessárias para apoiar iniciativas que conduzam a sociedade para panoramas mais sustentáveis. No âmbito de uma prefeitura, *hubs* posicionados de maneira estratégica em sedes administrativas regionais, como é o caso das “ruas da cidadania” da cidade de Curitiba, poderiam prover o acesso à meios otimizados de produção e consumo, fortalecendo as comunidades nas esferas social, ambiental e econômica. Além do poder público, uma variedade de outros agentes poderá querer compartilhar dos resultados gerados: de fabricantes de matéria-prima e de equipamentos de Fabricação Digital a empresas de consultoria de grande porte, associações, ONGs e organizações bilaterais.

7. Considerações finais

A tarefa de proposição de um cenário que congregasse as “emergentes” abordagens práticas e teóricas da Fabricação Digital e da Produção e Design Distribuídos é carente de métodos e ferramentas que contemplem de forma suficiente as peculiaridades deste desafio. Apesar disto, a análise da literatura e o estudo de campo apontam que o cenário de uma Economia Distribuída via Fabricação Digital é plausível, podendo implicar em modos de produção e consumo mais sustentáveis. Com a perspectiva de maior disseminação da Fabricação Digital e de plataformas *open-source* junto a consumidores e fornecedores, a viabilidade econômica de tal cenário deve se ampliar ainda mais.

Este trabalho compartilha de uma visão contemporânea do Design, onde diferentes atores são estimulados à participação na atividade projetual. Nesse sentido, o aprendizado maior neste campo de ação foi o apontamento da diversidade e multiplicidade de variáveis que podem (e mais comumente irão) surgir durante a utilização de abordagens oriundas de outros contextos para a realidade brasileira.

A singularidade das condições da população de baixa renda, por exemplo, demanda mais do que a mera transposição das tecnologias de Fabricação Digital, que são atualmente celebradas exaustivamente em um contexto *hype*. Uma vez observadas suas características constitutivas, foi preciso criar condições de adequação com vistas ao usufruto de seus vários benefícios. O mesmo vale para a inclusão dos elementos de esparjo e abertura de processos de manufatura ligados à Produção e Design Distribuídos, que culminou na obtenção de um Sistema factível e integrado às circunstâncias e necessidades locais específicas de moradores de Habitação de Interesse Social. Discute-se, no entanto, que esta distribuição característica pode não ser adequada para todos os contextos. Toma-se como exemplo a indústria farmacêutica, em que imperam o controle de qualidade (por haver risco direto à saúde com o desvio mínimo da produção) e o ajuntamento de pessoal especializado para a produção. Neste caso, esta estrutura deve ser repensada.

Para além disso, a exposição clara das principais barreiras que se impõem entre a implementação e a obtenção de resultados dá lastro para que surjam novas iniciativas locais baseadas no modelo apresentado e para a realização de novas investigações na área. A avaliação dos possíveis impactos nas dimensões ambiental, social e econômica do cenário proposto também oferecem um prognóstico com o qual se deve trabalhar, dando ênfase no desenvolvimento de oportunidades e soluções que conduzam a sociedade à patamares mais sustentáveis de produção e consumo. No panorama atual, onde há a tendência do compartilhamento e da distribuição de conhecimento em redes globais, além da integração e disseminação de novas tecnologias, a presente pesquisa reforça e valoriza essas abordagens como estratégias de efetiva transformação dos padrões de consumo e produção no âmbito local.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos de mestrado Demanda Social e aos conhecimentos adquiridos por meio da LeNSin.

Referências

- AVITAL, M. The Generative Bedrock of Open Design. In: B. Van Abel; R. Klaassen; L. Evers; P. Troxler (Eds.); *Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive*, 2011. Amsterdam: BIS Publishers. Disponível em: <<http://opendesignnow.org/>>. Acesso em: 18 nov. 2015.
- BENKLER, Y. *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. New Haven: Yale University Press, 2006.
- CEM/CEBRAP. MINISTÉRIO DAS CIDADES. ARRETCHE, M. (org.). *Capacidades Administrativas, Déficit e Efetividade na Política Habitacional*. MCidades/ Secretaria Nacional de Habitação. Brasília: CEM/CEBRAP, 2007.
- CEV FGV. *Definição de Baixa Renda*. Centro de Excelência em Varejo da EAESP, 2014. Disponível em: <<https://cev.fgv.br/sites/cev.fgv.br/files/>>. Acesso em 18 dez. 2016.
- DIEGEL, O.; SINGAMNENI, S.; REAY, S.; WITHELL, A. Tools for sustainable product design: additive manufacturing. *Journal of Sustainable Development*, v. 3, i. 3, p. 68-75. 2010.
- FABLAB HOUSE. *FabLab House*. Site. Disponível em: <<http://www.fablabhouse.com/>>. Acesso em 12 jan. 2017.
- GERSHENFELD, N. *FAB: the Coming Revolution on Your Desktop - from Personal Computers to Personal Fabrication*. Nova Iorque: Basic Books, 2005.
- HOWE, J. *The Rise of Crowdsourcing*. 2006. *Wired Magazine*. Disponível em: <<http://disco.ethz.ch/lectures/fs10/seminar/paper/michael-8.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2013*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2013/>>. Acesso em: 18 dez. 2016.
- JACOBSON, S. F. *Hype Cycle for Leaders of Manufacturing Strategies*. Ridgfield Park, NJ: Gartner Inc., 2015.

- JOHANSSON, A.; KISCH, P.; MIRAT, M. Distributed economies – a new engine for innovation. *Journal of Cleaner Production*, v. 13. 2005.
- KOHTALA, C. Addressing sustainability in research on distributed production: an integrated literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 92. 2014.
- LENSIN. International Learning Network of networks on Sustainability. Site. Disponível em: <<http://www.lens-international.org/>>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- MARTINEZ, S.; STAGER, G. The maker movement: A learning revolution. *Learning and leading with technology*, v. 41, n. 7, 2014.
- MATT, D. T.; RAUCH, E.; DALLASEGA, P. Trends towards Distributed Manufacturing Systems and modern forms for their design. In: 9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, v. 33, p. 185 – 190. 2015.
- MCIDADES. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Plano Nacional de Habitação. MCidades/ Secretaria Nacional de Habitação. Brasília: MCidades, 2009.
- MEDLOCK, M.; WIXON, D.; TERRANO, M.; ROMERO, R.; FULTON, B. Using the RITE method to improve products: a definition and a case study. Microsoft, 2002. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=20940>>. Acesso em: 18 nov. 2016.
- MOLDMAKING. Site. 2014. Disponível em <<http://www.moldmakingtechnology.com/news/spi-expands-npe3d-pavilion-as-18-companies-sign-on-to-display-3d-printing-technologies>>. Acesso em 20 jun. 2016.
- MOREIRA, T. Política habitacional e locação social em Curitiba. *Caderno CRH*, v. 27, i. 71. 2014.
- MULLER, C.; SOUZA, E.; SOUZA, E. R. B.; HILLER, J.; GARBIN, R.; SAUGU, A. Análise projetual da habitação de interesse social do município de Erechim/RS. In: Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, 2013, Passo Fundo. Anais do 2º SNCS. Passo Fundo, 2013.
- OLIVEIRA, R. Fábricas de criatividade revolucionam aprendizado (e já há delas no Brasil). *El País*, nov. 2016. Disponível em: <http://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/16/politica/1479318738_264761.html>. Acesso em: 7 dez. 2016.
- OXMAN, R. Special issue of Design Studies on digital design. *Design Studies*, v. 27, n. 3, p. 225-227, 2006.
- PUPPO, R. T. Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino da arquitetura. 2009. 260 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009.
- RAYNA, T.; STRIUKOVA, L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 102, p. 214-224, 2015.
- RIDDEN, J. EADS Airbike made of steel-strenght nylon. 2011. Gizmag. Disponível em: <<http://www.gizmag.com/eads-bristol-announces-nylon-airbike-manufactured-by-alm-technology/18094/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- SANNE, C. Willing consumers – or locked-in? Policies for a sustainable consumption. *Ecological Economics*, v. 42, n. 1-2, p. 273-297. 2002.
- SASS, L. Synthesis of design production with integrated digital fabrication. *Automation in Construction*, v. 16, n. 3, p. 298-310, 2007.
- SMITH, A.; HIELSCHER, S.; DICKEL, S.; SODERBERG, J.; VAN OOST, E. Grassroots digital fabrication and makerspaces: Reconfiguring, relocating and recalibrating innovation? SPRU Science and Technology Policy Research - Working Paper Series. 2013.

TASSI, R. Service Design Tools: Communication methods supporting design processes. Milano: DensityDesign research group at INDACO Department - Politecnico di Milano | DARC - the Research & Consulting Center of Domus Academy. 2010. Disponível em <<http://www.servicedesigntools.org/>>. Acesso em: 27 out. 2016.

TROXLER, P. Commons-based Peer-Production of Physical Goods: Is there Room for a Hybrid Innovation Ecology? In: 3rd Free Culture Research Conference. Berlin, 2010.

VEZZOLI, C. Design de Sistemas para a Sustentabilidade: Teorias, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”. Salvador: EDUFBA, 2010.

VEZZOLI, C.; CESCHIN, F. Designing sustainable system innovation transition for low-industrialised contexts. In: 2nd Conference of the Sustainable Consumption Research Exchange (SCORE!) Network. Bruxelas, 2008.

VOLPATO, N.; AHRENS, C. H.; FERREIRA, C. V.; PETRUSCH, G.; CARVALHO, J.; SANTOS, J. R. L.; SILVA, J. V. L. Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

WEST, J.; GALLAGHER, S. Challenges of open innovation: the paradox of firm investment in open-source software. *R&D Management*, v. 36, i. 3, p. 319-331. 2006.

WOHLERS. Wohlers report 2002. Fort Collins, Colorado: Wohlers Associates, 2002.

Sobre os autores

João Caccere

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Design (PPGDesign/UFPR) - linha de pesquisa de Sistemas de Produção e Utilização. Mestre em Design pelo mesmo programa. Bacharel em Design Gráfico e de Produto pela UTFPR. Tópicos de interesse: Fabricação Digital, Economias Distribuídas, ativismo urbano, DIY e Design para Sustentabilidade.

jcaccere@ufpr.br

Aguinaldo dos Santos

Professor Associado II atuante no Programa de Pós-Graduação em Design da UFPR. Coordenador do Núcleo de Design e Sustentabilidade UFPR. É membro de conselho editorial e revisor *ad hoc* de periódicos da área. Doutorado pela Salford University (1999) e Pós-Doutor em Design Sustentável pelo Politecnico di Milano (2009). Atuação principal nos temas do Design para a Sustentabilidade, Habitação de Interesse Social e Sistemas Produto+Serviço.

asantos@ufpr.br