



Érico Franco Mineiro

**Experimentação em Design como Estratégia no
Cenário da Autoprodução**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Doutor em Design pelo
Programa de Pós-graduação em Design da PUC-
Rio.

Orientador: Prof. Claudio Freitas de Magalhães

Rio de Janeiro
Dezembro de 2016



Érico Franco Mineiro

Experimentação em Design como Estratégia no Cenário da Autoprodução

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Design. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Claudio Freitas de Magalhães

Orientador

Departamento de Artes e Design - PUC-Rio

Prof. Alfredo Jefferson de Oliveira

Departamento de Artes e Design - PUC-Rio

Prof. Jorge Roberto Lopes dos Santos

Departamento de Artes e Design - PUC-Rio

Prof. Carlo Franzato

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Prof. João de Souza Leite

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Profa. Monah Winograd

Coordenadora Setorial do Centro de Teologia
e Ciências Humanas - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 12 de dezembro de 2016

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Érico Franco Mineiro

Graduou-se em Desenho Industrial na Universidade do Estado de Minas Gerais em 2005. Obteve o grau de mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais em 2011. Atualmente é professor na Universidade Federal de Minas Gerais.

Ficha Catalográfica

Mineiro, Érico Franco

Experimentação em design como estratégia no cenário da autoprodução / Érico Franco Mineiro ; orientador: Claudio Freitas de Magalhães. – 2016.

201 f. : il. color. ; 29,7 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2016.

Inclui referências bibliográficas.

1. Artes e Design – Teses. 2. Experimentação em design. 3. Design estratégico. 4. Design pós-industrial. 5. Autoprodução. 6. Tecnologias para experimentação. I. Magalhães, Claudio Freitas de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Artes e Design. III. Título.

CDD: 700

Para meu filho
e a construção do futuro

Agradecimentos

Ao orientador e amigo Claudio Magalhães minha gratidão pela abertura às minhas propostas, por compartilhar suas ideias, por dedicar seu tempo e apoiar esta pesquisa, pela parceria e amizade que enriqueceram e transformaram não somente meus entendimentos sobre pesquisa e design, como também minhas próprias formas de refletir.

Aos professores que participaram da Comissão Examinadora no exame de qualificação e na defesa da tese deixo registrado meu agradecimento pela generosidade, pelas críticas e pelas contribuições valiosas.

Aos demais professores do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio atuantes no PPG-Design, pelos ensinamentos e trocas.

À coordenação do PPG-Design e aos funcionários do Departamento pela disponibilidade e suporte nos momentos em que se fizeram necessários.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

À UFMG e aos colegas do Depto. de Tecnologia – TAU, pelo apoio e pela concessão de afastamento para conclusão da tese na etapa final deste trabalho.

A todos que contribuíram diretamente com a pesquisa empírica, cujos nomes não podem ser citados em razão da confidencialidade exigida pela normativa vigente da ética em pesquisa, mas que foram generosos ao conceder seu tempo a esta pesquisa, seja pela participação em entrevistas, por responderem ao questionário ou a perguntas específicas em conversas informais.

Àqueles que gentilmente autorizaram o uso de imagens nesta tese.

Aos amigos e familiares que foram compreensivos com meu distanciamento durante a realização desta pesquisa.

À minha mulher, que ouviu minhas ideias enquanto elas ainda não eram muito mais do que elaborações confusas, leu meus esboços e me ofereceu apoio e amor mesmo nas horas mais duras; à minha mãe, que sempre incentivou com firmeza escolhas pelos melhores caminhos; ao meu pai, pela inspiração e carinho substanciais; à minha irmã e meus irmãos, minha sobrinha e meus sobrinhos-afilhados, pelo carinho. Ao Gus e ao Tiago registro ainda um agradecimento adicional, pelo apoio, acolhida e companhia no Rio, nos anos de doutorado.

Resumo

Mineiro, Érico Franco; Magalhães, Claudio Freitas de. **Experimentação em Design como Estratégia no Cenário da Autoprodução**. Rio de Janeiro, 2016. 201p. Tese de Doutorado – Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O contexto pós-industrial, marcado pelo advento de uma crescente disponibilidade tecnológica, tem favorecido a emergência de novas práticas de design. Contudo, o corpo de conhecimentos do campo se encontra deslocado em relação às estas mudanças recentes. O objetivo deste trabalho é a produção de conhecimentos que auxiliem a compreensão de práticas emergentes da experimentação em design pós-industrial, em especial no cenário da autoprodução, por meio da identificação e caracterização de elementos que constituem a experimentação, determinantes para as práticas de design. Propõe-se que uma abordagem de design baseada na experimentação seria adequada para práticas pós-industriais de ruptura. Reflexões a partir da revisão da literatura, em especial das correntes teóricas da prática reflexiva de Schön e da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços, permitiram o delineamento de um quadro de referência preliminar para a experimentação em design. A partir de uma revisão sobre o tema design estratégico, que alcança avanços recentes e teorias da estratégia pouco exploradas junto ao campo do design, é proposta uma abordagem de design estratégico pós-industrial baseada na configuração de recursos para a experimentação, produzida ao longo do tempo e das práticas, e, portanto, junto à experimentação, de modo que estratégias em design sejam adequadas mesmo a processos pouco estruturados. Um esforço de mapear a disponibilidade tecnológica que marca o contexto pós-industrial atual e o cenário da autoprodução revela três eixos tecnológicos para a experimentação em design: fabricação digital, interfaces físicas computacionais e sistemas paramétricos e generativos. Foi conduzido um estudo de casos múltiplos junto a oito grupos criativos. Proposições teórico-conceituais são elaboradas junto à triangulação de evidências empíricas (primárias e secundárias). A partir da confrontação entre estas proposições e a revisão da literatura foi produzido um quadro de referência teórico-conceitual para a experimentação em design pós-industrial. Este quadro de referência, bem como a

caracterização dos elementos que o constituem, deve servir a propósitos descritivos e analíticos das práticas de experimentação em design pós-industrial. Por outro lado, um caráter instrumental é atribuído ao quadro de referência pela proposição de que estratégias de experimentação pós-industrial sejam produzidas a partir destes elementos e orientadas por uma mentalidade flexível, que pode ser pensada a partir de três linhas não excludentes: a experimentação para a produção de sentido, em resposta à falácia do controle; a experimentação como jogo fluido, em resposta à falácia da eficiência; e, a experimentação conscienciosa, como resposta ao determinismo e à alienação dos processos de trabalho.

Palavras-chave

Experimentação em design; design estratégico; design pós-industrial; autoprodução; tecnologias para experimentação.

Abstract

Mineiro, Érico Franco; Magalhães, Claudio Freitas de (Advisor). **Experimentation in Design as Strategy in the Self-production Scenario.** Rio de Janeiro, 2016. 201p. Doctoral thesis – Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The post-industrial context, marked by the advent of a growing technological availability, has favored the emergence of new design practices. However, the body of knowledge of the field is shifted in relation to these recent changes. The objective of this work is the production of knowledge that helps the understanding of emerging experimentation practices in post-industrial design, especially in the scenario of self-production, through the identification and characterization of elements of experimentation, determinants on the design practices. It is proposed that a design approach based on experimentation would be appropriate for post-industrial breakthrough practices. Reflections from the literature review, especially the theoretical streams of reflective practice of Schön and product and service development management, have enabled the delimitation of a preliminary framework for experimentation in design. From a review on the subject strategic design, which reaches recent advances and theories of strategy unexplored by the design field, it is proposed an approach to post-industrial strategic design based on resource configuration for experimentation, produced over time and practices, and therefore within experimentation, so that design strategies are suitable even to unstructured processes. An effort to map the technological availability that marks the contemporary post-industrial context and the scenario of self-production reveals three axes for technological experimentation in design: digital manufacturing, physical interfaces for embedded systems, parametric and generative systems. A multiple cases study was conducted with eight creative groups. Theoretical-conceptual propositions are elaborated alongside the triangulation of empirical evidences (primary and secondary). From the confrontation between these propositions and the literature review a theoretical-conceptual framework for experimentation in post-industrial design was produced. This framework, as well the characterization of its constituent elements, should serve to descriptive and

analytical purposes on experimentation practices in post-industrial design. On the other hand, an instrumental character is attributed to the framework by the proposition that strategies of post-industrial experimentation are produced from these elements and guided by a flexible mindset, which can be considered from three non-exclusive lines: experimentation for the production of meaning (meaningful), as a response to the fallacy of control; experimentation as fluid game (playful) as a response to the fallacy of efficiency; and conscientious experimentation (mindful), as a response to the determinism and the alienation of work processes.

Keywords

Experimentation in design; strategic design; post-industrial design; self-production; technologies for experimentation.

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 Introdução | 15 |
| 1.1 Objetivos | 19 |
| 1.2 Métodos, técnicas e procedimentos de pesquisa | 20 |
| 1.3 Estrutura da tese | 26 |
| 2 Design Pós-Industrial: continuidade e ruptura | 28 |
| 2.1 Design e a sociedade industrial | 29 |
| 2.2 Sociedade pós-industrial | 32 |
| 2.2.1 Sociedade pós-industrial e continuidade | 33 |
| 2.2.2 Sociedade pós-industrial e ruptura | 36 |
| 2.2.3 A sociedade pós-industrial revisitada | 39 |
| 2.3 Possibilidades para o design pós-industrial | 43 |
| 2.4 Design pós-industrial como experimentação e indisciplina | 46 |
| 3 Experimentação em Design: elementos e opções estratégicas | 49 |
| 3.1 Experimentação em Design | 50 |
| 3.2 Processos de Experimentação em Design | 52 |
| 3.3 Elementos da experimentação em design | 54 |
| 3.3.1 Tipos de experimentos | 54 |
| 3.3.2 Organização dos ciclos experimentais | 56 |
| 3.3.3 Artefatos experimentais | 58 |
| 3.3.4 Tecnologias para a experimentação | 59 |
| 3.3.5 O laboratório | 60 |
| 3.3.6 Quadro de referência preliminar para a experimentação em design | 62 |
| 3.4 Opções estratégicas para a experimentação em design | 63 |
| 3.5 Repensando opções estratégicas para a experimentação em design | 70 |

| | |
|--|-----|
| 4 Direções para um Design Estratégico Pós-Industrial | 74 |
| 4.1 Design estratégico e Estratégias de Design | 75 |
| 4.1.1 Design corporativo e estratégico | 75 |
| 4.1.2 De atividade estratégica a competência essencial | 76 |
| 4.1.3 Estratégias de design confinadas no processo | 81 |
| 4.1.4 Objetos de formulações estratégicas | 82 |
| 4.2 Teorias da estratégia ainda pouco exploradas | 85 |
| 4.2.1 Estratégias emergentes e capacidades dinâmicas | 85 |
| 4.2.2 Estratégia como prática | 86 |
| 4.3 Avanços recentes nas reflexões sobre design estratégico | 87 |
| 4.4 Rumo a um design estratégico pós-industrial | 89 |
| 5 Tecnologias para a Experimentação em Design Pós-Industrial | 95 |
| 5.1 A emergência de uma nova disponibilidade tecnológica | 95 |
| 5.1.1 Fabricação digital | 96 |
| 5.1.2 Interfaces físicas com computação embarcada | 102 |
| 5.1.3 Design paramétrico e generativo | 109 |
| 5.1.4 Limitações e avanços esperados nos três eixos tecnológicos | 116 |
| 5.2 Implicações e efeitos da difusão tecnológica | 120 |
| 5.2.1 Aprendizagem e comunidades de prática | 122 |
| 5.2.2 Determinismo tecnológico em processos de design auxiliado por algoritmos | 123 |
| 6 Condução da Pesquisa Empírica e Casos Investigados | 125 |
| 6.1 Seleção de casos por amostragem teórica | 125 |
| 6.2 Condução da pesquisa e fontes de evidência | 128 |
| 6.3 Estrutura analítica e protocolo de pesquisa | 131 |
| 6.4 Apresentação dos casos | 133 |
| 6.4.1 Freedom of Creation (FoC) | 134 |
| 6.4.2 Materialise.MGX | 135 |
| 6.4.3 Assembled in Sweden | 136 |
| 6.4.4 QuirkBot | 136 |
| 6.4.5 Nervous System | 137 |
| 6.4.6 Onformative | 138 |

| | |
|---|-----|
| 6.4.7 Creative Factory | 138 |
| 6.4.8 Unfold | 139 |
| 7 Experimentação em Design Pós-industrial | 141 |
| 7.1 O artefato experimental pós-industrial | 141 |
| 7.2 Matriz tecnológica para a experimentação em design pós-industrial | 149 |
| 7.3 Laboratórios distribuídos e registros de experimentos em rede | 151 |
| 7.4 Grupos de experimentação, aprendizagem e expertise | 155 |
| 7.5 Experimentos combinados: fluxo e complexidade | 159 |
| 7.6 Quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial | 163 |
| 8 Estratégia e Experimentação em Design Pós-industrial | 167 |
| 8.1 Experimentação como produção de sentido | 168 |
| 8.2 Experimentação como jogo fluido | 172 |
| 8.3 Experimentação conscienciosa | 175 |
| 8.4 Emaranhamentos dinâmicos de recursos e competências | 176 |
| 9 Considerações finais | 179 |
| 10 Referências bibliográficas | 186 |
| Anexo I – Parecer da Comissão de Ética em Pesquisa da PUC-Rio | 198 |
| Apêndice I – Roteiro para Entrevistas e Questionário | 200 |

Lista de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1 – Esquema de condução da pesquisa | 24 |
| Figura 2 – Duas visões principais sobre ciclos experimentais | 52 |
| Figura 3 – Ciclos experimentais interconectados | 53 |
| Figura 4 – O caráter múltiplo dos ciclos experimentais da prática reflexiva | 56 |
| Figura 5 – Tempo e ciclos experimentais | 57 |
| Figura 6 – Espaços de ação definidos pela GDPS e pela prática reflexiva | 65 |
| Figura 7 – Estrutura de uma interface física com computação embarcada | 107 |
| Figura 8 – Banco e cadeira Gaudí – catálogo da Freedom of Creation | 142 |
| Figura 9 – Linha individual de produção da Creative Factory – Linha 1 | 143 |
| Figura 10 – Instâncias de projeto em uma ferramenta generativa | 144 |
| Figura 11 – Interface e instância de projeto em uma ferramenta generativa | 145 |
| Figura 12 – Placa QuirkBot | 146 |
| Figura 13 – Pequeno robô QuirkBot | 146 |
| Figura 14 – Linha individual de produção da Creative Factory – Linha 2 | 147 |
| Figura 15 – Opções tecnológicas principais nos grupos estudados | 150 |
| Figura 16 – Protótipos da placa de circuito impresso QuirkBot | 156 |
| Figura 17 – Experimentos técnicos, incompletos e abandonados | 161 |
| Figura 18 – Projeto Flyte | 162 |
| Figura 19 – Projeto Lyfe | 162 |
| Figura 20 – Trajetórias díspares acomodadas e trajetória retomada | 162 |

Lista de quadros

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Quadro de referência preliminar para a experimentação em design | 63 |
| Quadro 2 – Estratégias de design: da produção de valor econômico ao design como competência essencial | 83 |
| Quadro 3 – Aspectos-chave das abordagens estratégicas posteriores ao paradigma dominante do planejamento | 90 |
| Quadro 4 – Aspectos-chave da abordagem estratégica proposta nesta tese | 93 |
| Quadro 5 – Exemplos comuns de sensores e atuadores | 107 |
| Quadro 6 – Casos candidatos | 127 |
| Quadro 7 – Número de indivíduos convidados por grupo criativo | 127 |
| Quadro 8 – Amostragem teórica: casos selecionados | 128 |
| Quadro 9 – Participações individuais diretas por grupo criativo | 130 |
| Quadro 10 – Comunidades de prática por base tecnológica | 131 |
| Quadro 11 – Protocolo de coleta de evidências empíricas | 132 |
| Quadro 12 – Quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial | 166 |
| Quadro 13 – Variações de estabilidade entre produção de sentido e artefatos | 172 |

1

Introdução

A experimentação é reconhecida como o processo essencial das práticas de design, de esforços de inovação e unidade de análise principal para parte da produção teórica disciplinar no campo do design (DORST, 2008; CROSS, 2006).

Tipicamente a experimentação em design compreende a preocupação com um equilíbrio entre fatores e requisitos diversos, muitas vezes conflituosos, decorrentes das interfaces do projeto com os meios de produção, distribuição e comercialização, dos interesses relacionados ao uso e a usuários, dos valores estéticos e dos sentidos semânticos associados à inserção de seus artefatos – as saídas dos processos de design – na cultura material.

Esta multidimensionalidade combinada com a flexibilidade metodológica na condução das práticas experimentais em design é explorada em uma produção teórica fragmentada que se assenta sobre fundações e interesses muito distintos, deixando assim espaços da prática ainda pouco explorados e limitando aplicações dos conhecimentos produzidos.

Uma vez que a experimentação em design pós-industrial é um tema pouco explorado, contribuições teóricas para a prática, raras e incipientes, fazem com que entendimentos acerca da experimentação e mesmo do espaço de ação em design sejam limitados.

O design como disciplina é um campo que tem origem na prática, também por isso se espera uma circularidade efetiva entre produção teórica e produção prática. No entanto esta circularidade desejável se estabelece apenas parcialmente, com muitas limitações também decorrentes de vários fatores.

O design enquanto fenômeno e campo do conhecimento reconhecidamente envolve complexidade e incerteza. O caráter pouco determinado e aberto da disciplina e das práticas em design contribui para que as trocas entre teoria e prática não se concretizem com facilidade (BUCHANAN, 1995b, p. 98).

Entretanto, se espera que a pesquisa em design não apenas siga a prática do campo profissional, como também avance frente às mudanças contextuais da prática, na formulação teórica e instrumental (DORST, 2008, p. 7) e produza teoria que facilite ou melhore as práticas do design (GALLE, 2011, p. 81).

Assumidas as dificuldades de circularidade entre teoria e prática e as trajetórias relativamente independentes na produção teórica, não é difícil vislumbrar o distanciamento – conceitual e temporal – entre o corpo de conhecimentos disciplinar e as transformações que podem ser percebidas nas práticas emergentes.

Enquanto campo profissional, o design industrial se desenvolveu em um contexto marcado pelos interesses da organização industrial tradicional, caracterizado por contar com meios de produção caros e altamente especializados, que viabilizam economias de escala.

Metas de eficiência e produtividade são inerentes a este modelo e têm implicações sobre estratégias e processos de desenvolvimento e mesmo sobre a configuração de produtos (e.g. CLARK e WHEELWRIGHT, 1993; SCHRAGE, 2000a; THOMKE, 2003).

Desde o início deste século temos testemunhado uma disponibilidade crescente de tecnologias de desenvolvimento experimental que, não somente viabilizam a realização de experimentos e artefatos que antes só seriam possíveis em um contexto industrial, como permitem a criação de artefatos que não seriam possíveis neste contexto ou que não estariam incluídos nos interesses industriais associados às economias de escala.

Novos tipos de artefatos que não se encaixam nas categorias convencionadas para produtos têm surgido. Alguns altamente abertos à customização, a novos tipos de conexões com outros artefatos e a novas transformações durante seu ciclo de vida.

Além disso, estes artefatos experimentais, tipicamente compreendidos como modelos ou protótipos pelas perspectivas tradicionais, em alguns casos alcançam a qualidade de produto, com as tecnologias de ‘prototipagem rápida’ se transformando em tecnologias de ‘fabricação digital’ (MAGALHÃES, 2014, p. 152). Assim, o meio experimental passa também a ser um meio produtivo ainda que apresente suas próprias limitações.

Estas tecnologias são exploradas em contextos e culturas muito diferentes daqueles da organização industrial tradicional, nos quais rotinas prescritas e mecanismos de controle determinam boa parte do cotidiano operacional e profissional.

Assistimos ao uso e a exploração destas novas tecnologias em grupos e programas de pesquisa situados em universidades, comunidades de práticas que se formam em torno das novas tecnologias experimentais e grupos independentes de produção experimental.

A mentalidade industrial e muitos dos entendimentos sobre as práticas de design são deslocados neste novo panorama, que indica muitas questões e ainda muito poucas respostas.

A expansão potencial das possibilidades para práticas experimentais em design que estas mudanças propiciam permanece pouco clara para pesquisadores e, presumivelmente, ainda pouco explorada nas práticas de design.

Mudanças no trabalho, econômicas, a revolução da informação e da comunicação, entre outras que ocorreram nas últimas décadas fizeram com que o descritor 'industrial' não seja mais adequado para descrever nossa sociedade. Teríamos entrado em uma era pós-industrial (BELL, 1973; TOFFLER, 1980; DE MASI, 1999; KUMAR, 2002).

Neste trabalho, a ideia de design pós-industrial denota as práticas de design reorganizadas a partir da influência das transformações sociotécnicas e socioprodutivas recentes, em especial pela disponibilidade crescente de tecnologias avançadas para indivíduos e pequenos grupos autônomos, tipicamente desvinculados do contexto da organização industrial, mudanças que conformam um novo cenário para a autoprodução.

Assim, os fatores citados para descrever algumas das mudanças recentes no panorama da experimentação em design – novos artefatos, novas tecnologias e características contextuais e culturais diferentes daquelas da organização industrial tradicional – representam parte importante do cenário pós-industrial em que o design, paulatinamente, reorganiza suas práticas.

Este novo panorama convida pesquisadores em design a dirigirem esforços para a produção de conhecimentos a partir das transformações contextuais em curso, 'sobre' e 'para' as práticas situadas neste contexto, suas propriedades emergentes e mesmo a um delineamento, ainda que parcial, das potencialidades do espaço aberto para proposições de design.

Como se argumentou, a circularidade entre teoria e prática deve ser objetivo ao menos de parte da produção teórica em design.

Neste sentido esta pesquisa pode ser compreendida como um esforço para produzir um corpo teórico capaz de acomodar fatores contextuais e mudanças tecnológicas recentes em um quadro de referência que sirva à compreensão de práticas emergentes e, ao mesmo tempo, seja instrumental para práticas reflexivas de experimentação em design.

Para além da proposição deste quadro de referência para a caracterização da experimentação em design pós-industrial, as possibilidades de formulações e

decisões estratégicas foram objeto de investigação e reflexão, pensadas em relação aos elementos que constituem este quadro.

O tema desta pesquisa, portanto, é a experimentação em design pós-industrial, em especial no contexto contemporâneo da autoprodução, tratada em termos dos elementos que conformam e caracterizam sua prática e de estratégias que possam ser formuladas em relação a estes elementos.

Interessa trazer à luz esclarecimentos acerca de elementos do processo experimental tais como ‘tipos de experimentos’, ‘artefatos experimentais’, bem como outras características contextuais do entorno da prática experimental, como as ‘tecnologias experimentais’, a ideia de ‘laboratório’ e suas variantes contemporâneas. São elementos que ao mesmo tempo constituem e influenciam as dinâmicas da experimentação em design.

Assim, esta pesquisa se dá em dois níveis: (a) práticas experimentais, no nível de projetos; e (b) meta-atividades de design, em especial estratégias de design e suas diferentes formas de manifestação, com a finalidade de orientar práticas de design.

A problemática, ou seja, o conjunto de fatores que fazem com que o problema de pesquisa seja percebido (LAVILLE e DIONNE, 1999, p. 98), pode ser compreendida a partir dos seguintes argumentos:

- a) embora a experimentação esteja situada no cerne das práticas de design (BUCHANAN, 1995a, p. 30), o corpo teórico dos estudos em design ainda apresenta pouca pesquisa e discussão sobre o tema (HALL, 2011, p. 17-18);
- b) são poucos os estudos publicados que contribuem para o delineamento de um termo de referência teórico que articule estratégia e design, e são reconhecidas limitações típicas nos estudos existentes (NOBLE, 2011; JOZIASSE, 2008), sendo que os estudos que representam o paradigma dominante do design estratégico se situam junto ao contexto organizacional-corporativo (e.g. COOPER e PRESS, 1995; BRUCE e BESSANT, 2002; BEST, 2006; MOZOTA, 2003);
- c) embora a emergência de um design pós-industrial tenha sido em parte prevista (CROSS, 1981) e seja notório que a produção de conhecimentos em design deva se permitir ser influenciada pelas mudanças contextuais da prática (DORST, 2008), a produção teórica e instrumental para as práticas em design pós-industrial permanece rara e incipiente;

- d) neste novo panorama padrões de prática evolucionários regularmente atravessam e transfiguram fronteiras conceituais e disciplinares (BREMNER e RODGERS, 2013), apesar disso, muito da pesquisa em design ainda é realizada em subdisciplinas (REYMEN, HAMMER, *et al.*, 2006), resultando em produção teórica especializada pouco compatível com as práticas de design pós-industrial.

Delineados o tema e a problemática, o problema de pesquisa pode ser assim sintetizado: a produção teórico-conceitual e instrumental no campo do design se apresenta deslocada em relação às transformações contextuais recentes, em especial no que diz respeito às práticas e às formulações e decisões estratégicas associadas à experimentação em design pós-industrial.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é a produção de conhecimentos que auxiliem a compreensão de práticas emergentes da experimentação em design pós-industrial, em especial no contexto contemporâneo da autoprodução, por meio da identificação e caracterização de elementos que constituem a experimentação, determinantes para as práticas de design.

São objetivos específicos:

- a) delinear uma estrutura básica de referência teórica a partir da revisão da literatura sobre experimentação no desenvolvimento de produtos e serviços, experimentação em design industrial e a experimentação enquanto prática reflexiva;
- b) organizar aspectos-chave das múltiplas perspectivas sobre design e estratégia, de modo que se possa subsidiar produção teórica para a concepção estratégica junto às práticas emergentes de design pós-industrial;
- c) propor um quadro de referência teórico-conceitual adequado para a caracterização da experimentação em design pós-industrial, em especial no contexto contemporâneo da autoprodução, elaborado e reformulado ao longo de pesquisa empírica, por meio de triangulação de evidências em um estudo de casos múltiplos;
- d) indicar possibilidades abertas pelo quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial em termos de seu caráter instrumental para decisões e formulações estratégicas em design.

Duas questões, em especial, nortearam esta pesquisa.

Uma vez evidenciada a lacuna e os deslocamentos teóricos em relação ao contexto sociotécnico pós-industrial, quais elementos podem formar um quadro teórico-conceitual adequado para a compreensão da experimentação em design pós-industrial?

E ainda, assumindo que as práticas de experimentação em design não são práticas espontâneas e desorientadas, conduzidas pelo acaso, que estariam livres de intenções e propósitos, reflexões e decisões conscientes anteriores e concomitantes com a prática, como os elementos deste quadro de referência podem ser pensados em relação à decisões e formulações de estratégias de design?

A busca por respostas a estas perguntas se dá ao longo desta tese.

Pretendeu-se com esta pesquisa produzir conhecimentos que possam contribuir para ampliar o entendimento das práticas de experimentação em design e, eventualmente, até mesmo seu alcance.

Espera-se que a estrutura teórico-conceitual produzida nesta pesquisa contribua para a adoção reflexiva da teoria na prática, estimulando desenvolvimentos práticos e teóricos subsequentes à esta pesquisa.

Por fim, espera-se ainda que os resultados desta pesquisa alcancem o ensino e a capacitação em design, uma vez que a experimentação é uma atividade essencial para muitas das práticas em design, e, considerando que cabe também à educação em design estar alinhada, ou mesmo à frente das transformações emergentes.

1.2 Métodos, técnicas e procedimentos de pesquisa

Neste trabalho foi adotada uma abordagem epistemológica construtivista, de natureza qualitativa e exploratória.

Vários pesquisadores acreditam que um posicionamento construtivista é particularmente adequado para fazer frente à complexidade epistemológica do campo do design, marcado por bases teóricas, conceitos e métodos de pesquisa múltiplos, que muitas vezes se confundem ou mesmo são incompatíveis (GLANVILLE, 2007a, p. 75-76; FINDELI, 1999, p. 2; ROTH, 1999, p. 22; LOVE, 2000, p. 298).

Assim, se assumiu uma perspectiva que parte do pressuposto que a agência humana é central para a construção teórica em design, ao mesmo tempo em que

se reconhece que as ações são indissociáveis de seu contexto, ou seja, procura-se conciliar agência e estrutura.

Uma vez que sob uma perspectiva construtivista verdade e sentido são construídos nas relações entre sujeitos e o mundo (GRAY, 2012, p. 21-28), a produção teórica requer simplificações para tornar delineáveis experiências e conhecimentos. Estas simplificações ganham forma em ideias, conceitos-chave, metáforas e modelos, que ao oferecer certa estabilidade, permitem elaborações teóricas objetivas e o desenvolvimento disciplinar por confirmação ou por questionamento (GLANVILLE, 1999, p. 85).

A opção pela elaboração de um quadro de referência teórico-conceitual como recurso para compreensão da experimentação em design pós-industrial opera neste sentido. A simplificação conceitual em elementos é um movimento que permite elaborações objetivas subsequentes e, portanto, viabiliza um caráter instrumental à contribuição teórica produzida pela pesquisa.

O caráter exploratório da pesquisa se justifica uma vez que há poucos estudos publicados sobre o tema e que o objeto de estudo é um fenômeno atual.

A metodologia adotada para esta pesquisa foi o estudo de casos múltiplos. Alguns aspectos do método motivaram esta escolha.

A opção metodológica pelo estudo de caso permite reter características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2010).

O estudo de caso apresenta vantagens em relação a outros métodos quando as questões de pesquisa dizem respeito a um conjunto de eventos contemporâneos, sobre os quais o pesquisador tem pouco ou nenhum controle, assim como para fenômenos humanos, uma vez que estes envolvem multicausalidade. Abordagens quantitativas favorecem generalizações estatísticas, mas implicam no afastamento de inúmeros fatores incorrendo-se no risco de não restar grande substância (LAVILLE e DIONNE, 1999).

Estudos de caso, por outro lado, podem permitir generalizações analíticas e a expansão teórica, validando proposições teóricas por meio de questionamento e confrontação sistemática com resultados empíricos do estudo de caso (YIN, 2010; EISENHARDT, 1989).

O que se busca nestas circunstâncias é a generalização analítica por replicação teórica entre casos múltiplos. A validade externa da pesquisa é alcançada quando casos múltiplos apoiam as proposições teóricas. Se os casos não apoiarem as proposições, estas devem ser revisadas e submetidas a teste novamente (YIN, 2010).

Ao mesmo tempo, as particularidades dos casos investigados são colocadas em evidência e enriquecem a investigação.

A condução desta pesquisa pode ser compreendida em três grandes etapas: (1) fundamentação teórica seguida de elaborações propositivas; (2) pesquisa empírica; e (3) produção de conhecimentos a partir da confrontação entre proposições teóricas e evidências empíricas trianguladas.

Para fundamentação teórica foi conduzida revisão bibliográfica com o objetivo de identificar, avaliar e sintetizar o corpo de conhecimentos disponível.

Diferentes perspectivas sobre o que é conhecido em relação ao tema de pesquisa foram reconhecidas e organizadas.

Na condução desta primeira etapa a literatura foi organizada em quatro eixos temáticos: (1) sociedade pós-industrial; (2) experimentação em design; (3) design e estratégia; e (4) tecnologias emergentes.

Entendimentos acerca da ideia de ‘sociedade pós-industrial’ fortaleceram a importância percebida da experimentação para as práticas de design, assim como o papel central de uma nova disponibilidade tecnológica para a formação de uma abordagem de design pós-industrial.

A revisão do tema ‘experimentação em design’ permitiu a identificação de um grupo de construtos elementares. Esta revisão indicou também questões relacionadas às opções estratégicas durante a prática experimental. Entre as quais, questões abertas e teorias incipientes que orientaram a discussão sobre o tema e proposições subsequentes.

Assim delineou-se um quadro de referência preliminar, formado por construtos-chave, para o entendimento da experimentação em design e de elementos com influência estratégica.

A temática ‘design e estratégia’ comporta uma multiplicidade de perspectivas que foram organizadas, de modo que colocações alinhadas com a ideia de um design pós-industrial foram colocadas em evidência, indicando caminhos possíveis para um design estratégico pós-industrial.

Durante a revisão bibliográfica se procurou manter o rigor na seleção das publicações analisadas, priorizando o estudo de artigos revisados por pares publicados em periódicos de qualidade reconhecida e livros de autores identificados no curso da revisão das primeiras publicações ou diretamente associados aos eixos temáticos da pesquisa.

Ao longo da revisão bibliográfica, o entendimento incremental motivou buscas por novas publicações. Ideias, proposições e achados considerados mais

importantes para o tema desta pesquisa foram identificados, organizados, sistematizados e comparados.

De acordo com a tradição da pesquisa nas Humanidades e nas Artes, a pesquisa avança pela condução de argumentos lógicos e as proposições são validadas ou refutadas por exemplificação e citação (ARCHER, 1995, p. 8). Assim, as primeiras proposições teóricas foram elaboradas ao longo da revisão bibliográfica.

Para a pesquisa empírica, entende-se que um conjunto de construtos pode oferecer uma base para teorias emergentes e orientar a coleta de dados (EISENHARDT, 1989, p. 536). Assim, o conjunto de construtos-chave delineado a partir revisão bibliográfica, organizado em um quadro de referência preliminar para a experimentação, serviu de referência para a construção de um protocolo de coleta de dados e de evidências empíricas.

A elaboração de um protocolo único, usado durante a coleta de evidências para todos os casos investigados, é uma tática sugerida para assegurar a confiabilidade da pesquisa em estudos de casos múltiplos (YIN, 2010).

Uma vez que o conjunto de construtos-chave e o quadro de referência preliminar foram produzidos a partir da revisão bibliográfica e de proposições subsequentes que subsidiaram a elaboração do protocolo de coleta de evidências, optou-se por detalhar estes procedimentos de pesquisa e apresentar o protocolo em um capítulo introdutório ao estudo de casos e posterior aos capítulos que fundamentaram a elaboração deste instrumento de pesquisa e a seleção dos casos investigados (capítulo 6).

Como não há intenção de generalização estatística, a amostragem em estudos de casos é teórica e não aleatória, ou seja, dada a limitação inerente ao método do número de casos a serem estudados e com o objetivo de ampliar a abrangência da produção teórica, faz sentido selecionar casos que atendam a categorias conceituais, a fim de se obter uma amostragem teórica heterogênea (EISENHARDT, 1989, p. 537).

A seleção dos casos se deu por contraste entre dois critérios categóricos (Figura 1, primeiro e segundo critério de seleção de casos).

O primeiro critério foi a opção tecnológica de base do grupo experimental, o segundo critério é um descritor do contexto em que se dá a experimentação em design.

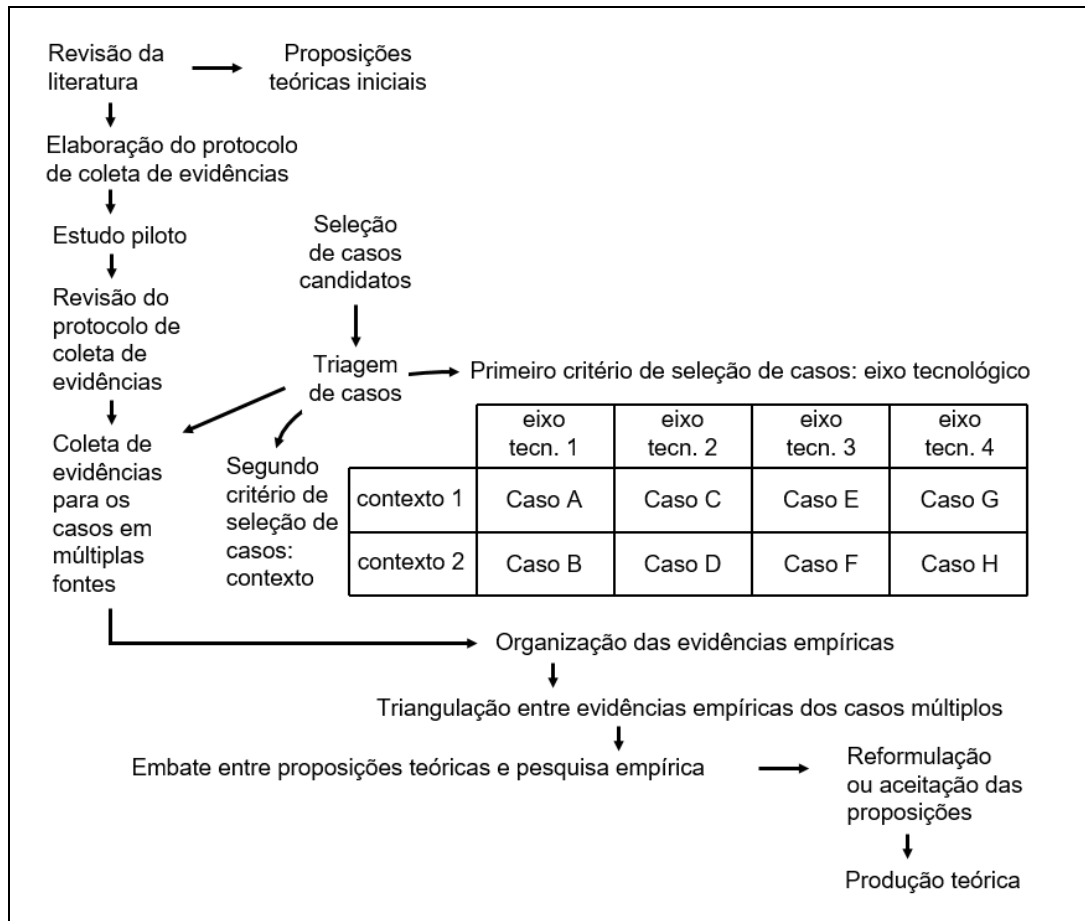
Além disso, a disponibilidade de dados e evidências empíricas foi observada na seleção dos casos, a fim de assegurar a viabilidade da pesquisa. Casos

candidatos que não atenderam ao requisito de disponibilidade de dados e evidências empíricas para pesquisa foram excluídos.

Assim a seleção de casos resultou em um conjunto heterogêneo de oito casos.

A Figura 1 apresenta um esquema representativo da condução da pesquisa.

Figura 1 – Esquema de condução da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

A investigação do estudo de caso enfrenta a situação tecnicamente diferenciada em que existirão muito mais variáveis de interesse do que pontos dados, portanto, deve contar com múltiplas fontes de evidência, ao mesmo tempo em que se beneficia do desenvolvimento anterior de proposições teóricas para orientar a coleta e a análise de dados (YIN, 2010).

O uso de múltiplas fontes de informações e procedimentos híbridos de coleta de dados permite maior rigor científico, consistência e validade nos resultados da pesquisa (SANTOS, KISTMANN e ONO, 2011).

No sentido de explorar múltiplas fontes de evidência, a pesquisa empírica se valeu da coleta de evidências e dados secundários publicados, em paralelo à busca por dados primários.

Para a exploração de evidências empíricas, múltiplas fontes de dados secundários e uma variedade de tipos de publicação foram consideradas, de informações publicadas pelos próprios grupos criativos, passando por entrevistas já publicadas, alcançando palestras e apresentações em eventos registradas em vídeo e disponíveis para consulta.

Já os dados primários foram obtidos em entrevistas em profundidade, orientadas por um roteiro aberto, elaborado a partir da revisão bibliográfica e das proposições teóricas. Dados primários também foram obtidos por um questionário que seguiu a mesma estrutura do roteiro de entrevistas e, foram complementados por meio de conversas informais, como é detalhado no capítulo 6, que introduz o estudo de casos múltiplos.

Concluída a coleta de evidências empíricas conduziu-se uma busca por padrões de similaridades e contrastes entre os casos estudados, em relação a uma estrutura analítica comum.

Esta mesma estrutura orientou a triangulação de evidências empíricas, que foram confrontadas com proposições teórico-conceituais.

A ideia central é comparar proposições teóricas e evidências empíricas continuamente, iteragindo rumo a uma construção teórica ajustada aos dados coletados, a fim de assegurar a validade empírica da pesquisa (EISENHARDT, 1989, p. 541).

Nesta combinação, a justaposição de evidências contraditórias ou paradoxais força o reenquadramento das percepções em uma nova *gestalt* (DUBOIS e GADDE, 2002). Deste modo percepções dos fenômenos são reelaboradas ao longo da pesquisa.

A justaposição de resultados conflituosos força pesquisadores em um modo de pensar mais criativo, de ruptura, do que se poderia alcançar de outra maneira. O resultado pode ser um *insight* mais profundo sobre a teoria emergente e sobre a literatura conflitante [...] discutir achados similares também é importante [...] o resultado é frequentemente uma teoria com validade interna fortalecida, com maior amplitude generalizável, e com um nível conceitual superior. (EISENHARDT, 1989, p. 544)

Nas situações em que as evidências empíricas corroboraram as proposições teóricas, os achados foram aceitos e incorporados; nas situações em que as proposições foram negadas ou nas quais não se encontrou evidências que as confirmassem, elas foram abandonadas ou reformuladas e testadas novamente.

As iterações entre produção teórica e evidências empíricas foram interrompidas quando se alcançou a condição de saturação teórica, ou seja, quando a aprendizagem incremental passou a ser mínima.

A produção teórica a partir de estudos de casos pode assumir as formas de novos conceitos, de um quadro de referência conceitual, de proposições teóricas ou mesmo de uma teoria de médio alcance (EISENHARDT, 1989, p. 545).

A opção nesta pesquisa foi a produção de um quadro de referência conceitual para a experimentação em design pós-industrial, além de proposições sobre estratégias de experimentação em design pós-industrial.

1.3 Estrutura da tese

O conteúdo desta tese é distribuído em nove capítulos. Este primeiro capítulo, de caráter introdutório, apresentou o tema, a problemática, objetivos e as questões norteadoras da pesquisa, bem como a opção metodológica para a condução da pesquisa.

O segundo capítulo contextualiza a pesquisa em relação a transformações sociais que deslocaram o trabalho, formas de organização e indivíduos da organização industrial tradicional, e propõe uma abordagem de design pós-industrial a partir deste deslocamento, baseada na experimentação em design e apoiada pelo advento de uma nova disponibilidade tecnológica para a experimentação.

O terceiro capítulo apresenta duas correntes teóricas que tratam da experimentação em design no contexto das práticas profissionais e da indústria. De um lado, uma corrente teórica que enfatiza valores industriais, como produtividade e eficiência, refletidas nas práticas profissionais; de outro, as teorias da prática-reflexiva, que embora se mostrem adequadas ao design e à sociedade pós-industrial, são substancialmente descritivas e desprovidas de caráter instrumental. Neste capítulo são organizados, a partir da literatura, elementos que dão forma a um quadro de referência preliminar para o entendimento da experimentação em design.

O quarto capítulo deste trabalho organiza uma diversidade de perspectivas para o design estratégico. Apresenta, inclusive, avanços teóricos recentes e teorias da estratégia pouco exploradas junto ao campo do design. Aspectos-chave destas perspectivas são discutidos frente às possibilidades para um design estratégico pós-industrial.

O quinto capítulo apresenta definições, características, limitações e avanços esperados de algumas das tecnologias mais importantes para a experimentação em design pós-industrial.

O sexto capítulo introduz o estudo de casos múltiplos. A condução da pesquisa é detalhada, a começar pela formação da amostragem teórica e a seleção de casos, passando pelos procedimentos de coleta de evidências e alcançando a elaboração de instrumentos de pesquisa. Além disso, neste capítulo cada um dos casos é introduzido separadamente.

No capítulo sete, os elementos que constituem a experimentação em design pós-industrial são explorados e proposições teórico-conceituais são apresentadas frente a triangulações de evidências empíricas. A partir destas elaborações foi produzido um quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial, que atualiza e expande o quadro preliminar do terceiro capítulo.

No capítulo oito a ideia de que valores subjacentes à organização industrial permaneceriam válidos no contexto pós-industrial é questionada, e, um caráter instrumental para o quadro de referência é explorado em três alternativas de posturas estratégicas frente à experimentação em design pós-industrial.

Finalmente, são apresentadas as considerações finais da tese, que indicam sinteticamente as contribuições para o conhecimento (ou conhecimentos produzidos), limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

2

Design Pós-Industrial: continuidade e ruptura

Grandes fases da história da humanidade são frequentemente definidas pelos modos com os quais se obtém condições de subsistência ou se produz. Assim, sociedades de caçadores e coletores, sociedades rurais e sociedades industriais descrevem, ao mesmo tempo, o estágio de desenvolvimento de uma sociedade e formas de organização do trabalho individual e coletivo que exercem efeitos pervasivos sobre indivíduos e pela sociedade.

Ao longo das últimas décadas têm se sugerido que o mundo entrou em uma nova era de sua história – embora ainda sejamos parte de sociedades industriais – teríamos passado por mudanças tão grandes que o descritor ‘industrial’ não seria mais adequado. Transformações no trabalho, econômicas, a revolução da informação e da comunicação, entre outras mudanças, teriam nos colocado em uma era pós-industrial (BELL, 1973; TOFFLER, 1980; DE MASI, 1999; KUMAR, 2002).

Embora o design tenha sido atrelado aos modos de pensar e produzir da sociedade industrial, movimentos contrários, em direção a um design pós-industrial são reconhecidos desde a década de 1960 (FRANZATO, 2010).

Recentemente a sociedade pós-industrial passou por novas transformações. O objetivo deste capítulo é apresentar os principais entendimentos acerca da ideia da sociedade pós-industrial, bem como algumas das transformações mais recentes, que se deram posteriormente à produção teórica sobre este tema, para então repensar as possibilidades para o design pós-industrial.

A primeira seção deste trabalho aponta para a estreita relação que o design estabeleceu com a industrialização e a produção em massa. Uma vez que a sociedade pós-industrial é definida por suas diferenças em relação à sociedade industrial, alguns dos traços mais fortes da organização industrial e suas implicações sociais são brevemente apresentados.

Na segunda seção aspectos-chave da sociedade pós-industrial são organizados, separados entre aqueles que indicam continuidade em relação às formas de organização industrial e seus princípios subjacentes, e outros, indicadores de rupturas em relação à sociedade industrial.

Em seguida, a ideia de sociedade pós-industrial é revisitada. Uma vez que a produção teórica sobre o tema data das décadas de 1970 e 80, fenômenos mais recentes são colocados em evidência, em especial o advento de uma nova disponibilidade tecnológica, avanços nas práticas profissionais e novos arranjos de trabalho e produção. Implicações decorrentes destas mudanças e possibilidades para o design pós-industrial são discutidas.

Por fim, se sugere que uma abordagem de base metodológica para o design pós-industrial seria adequada às perspectivas de continuidade, enquanto outra, baseada na experimentação com meios de produção seria mais adequada ao design pós-industrial como realizador de rupturas.

2.1 Design e a sociedade industrial

O design surge, enquanto atividade de mercado, estreitamente conectado com a industrialização e a produção em massa, neste contexto, o design mais servia à indústria do que conseguia influenciá-la (BUCHANAN, 1998, p. 64). O que se percebe com maior clareza é um movimento contrário, com influências da mentalidade industrial sobre as práticas de design.

Como é conhecida, a organização industrial é marcada por interesses de eficiência e produtividade e, para alcançá-los, se vale de mecanismos de controle e rotinas de trabalho nas quais, usualmente, o funcionário segue um programa que o insere em uma parte do processo ao mesmo tempo em que o priva do todo.

No ideário taylorista da administração científica que marcou as fundações da organização industrial o funcionário é estigmatizado como trabalhador da produção manual, realizador contínuo de tarefas simplificadas e repetitivas.

Mesmo depois da automatização dos processos fabris, as formas de organização do trabalho e os princípios subjacentes de eficiência e produtividade alcançam, não somente os operários remanescentes no chão de fábrica, mas também os profissionais e suas práticas, inserindo, por exemplo, seus valores como critérios a serem satisfeitos pelo trabalho profissional.

Neste sentido, com o desenvolvimento da industrialização houve uma ênfase do design industrial na configuração prático-funcional, a fim de atender aos interesses da produção industrial (LÖBACH, 2001, p. 89-90).

Os ideais funcionalistas e de racionalização culminaram nos princípios do 'bom design' de Dieter Rams, que terminam por refletir a eficiência produtiva enquanto valor e incorporá-la como um dos critérios de qualidade para o design.

A simplicidade do produto, historicamente valorizada no campo do design, alcançou a qualidade indicativa de soluções elegantes e bem resolvidas.

A valorização da simplicidade é compreensível, uma vez que é naturalmente a saída esperada de uma boa síntese. Mas mais do que isso, a simplicidade da forma se encaixa bem nos interesses produtivos industriais e com frequência estabelece uma relação direta com a facilidade de produção, com a economia na produção e com o aumento de margens em economias de escala.

Como Schön (1983, p. 76-104) descreveu, a prática profissional e o ensino do design são marcados pela capacidade de antecipar os efeitos de proposições de design em múltiplos domínios. Estas apreciações certamente incluem entre os múltiplos aspectos observados, a viabilidade técnica e econômica de proposições de design, cujas questões fundamentais são estreitamente dependentes das opções e decisões assumidas na interface entre projeto e produção.

Nos cursos de design de produto os acertos muitas vezes difíceis entre boas ideias e as realidades do chão de fábrica são um tema recorrente de aprendizagem, o bom designer deveria se assegurar que suas propostas de design sejam realmente factíveis, realizáveis pela produção (LIPSON e KURMAN, 2013, p. 32,175).

As preocupações com a interface entre design e produção atravessaram décadas e ganharam forma e sofisticação metodológica nas abordagens de DfM (*Design for Manufacturing*) e em outros instrumentos relacionados à produtividade e qualidade na produção, como o QFD (*Quality Function Deployment*) (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993).

A partir destas considerações, se pode afirmar sem incorrer em grande risco que, não raro, nas práticas de design a forma segue a fabricação.

Assim, enquanto tecnologias industriais caras e especializadas determinam um espaço de possibilidades cercado por restrições, caberia aos designers manter suas proposições adequadas às limitações dos processos fabris. O design industrial termina caracterizado como um 'design frio'.

Para além das relações com a produção e da incorporação de valores industriais como critério de qualidade para proposições de design, formas de inserção do design em processos e estruturas de organizações industriais têm sido objeto de pesquisa e produção teórica pela temática da gestão do design (COOPER, JUNGINGER e LOCKWOOD, 2011; OAKLEY, 1990).

A industrialização não marcou apenas as formas de produção, o trabalho, as práticas profissionais e o design, desencadeou efeitos por toda a sociedade.

De acordo com Toffler (1980, p. 59-72) a sociedade industrial pode ser caracterizada pela padronização, pela especialização, pela sincronização, pela concentração, pela maximização e pela centralização.

A sociedade industrial foi marcada pela padronização de produtos e de sistemas produtivos, das infraestruturas, de esquemas culturais e de mercados massificados; pela especialização taylorista do trabalho com a simplificação das tarefas que se estende às divisões e especialidades profissionais; pela valorização temporal do trabalho que termina por promover uma sincronização social dos horários de trabalho e de lazer para as massas; pela concentração de recursos e de pessoas nos centros urbanos e industriais; pela maximização da produção e pelo ideal de crescimento pela eficiência; e, finalmente, pela centralização, considerada necessária à coordenação e ao controle.

Entre os benefícios conhecidos do progresso industrial estão a ampliação da produção de alimentos, de meios de transporte e a abundância de outros bens materiais. Contudo, a industrialização foi também um vetor de mudanças indesejadas, como a concentração habitacional nas cidades e a insalubridade provocada pela fabricação em massa (FORTY, 2007, p. 19).

Críticas à sociedade de massa indicam uma progressiva perda da autonomia individual, uma tendência ao conformismo individual e a consequente perda das utopias e das aspirações a uma sociedade melhor (DE MASI, 1999, p. 24).

Os efeitos da organização industrial ultrapassam os limites da fábrica e influenciam a conformação da sociedade; “O fordismo não parava na porta da fábrica; invadia o lar e as esferas mais privadas e íntimas da vida do trabalhador.” (KUMAR, 2002, p. 89)

Como coloca Flusser (2008, p. 100), sujeita à lógica dominante “uma parcela cada vez menor da sociedade ‘trabalha’, enquanto que uma parte cada vez maior apenas ‘funciona’”, um funcionamento que tende a se constituir em “interrupção da vida”.

“É um mundo de organização – de hierarquia e burocracia – no qual homens são tratados como ‘coisas’ porque se pode coordenar mais facilmente coisas do que homens.” (BELL, 1973, p. 127).

A sociedade industrial se mostrou, enfim, insustentável em muitos aspectos, desde o modo como o trabalho é determinado e organizado, passando pela exploração intensiva de recursos naturais e alcançado os modos de vida individual.

2.2 Sociedade pós-industrial

Mudanças percebidas nas décadas de 1970 e 1980 indicaram o início de uma reorganização necessária do trabalho, dos modos de produção e da própria sociedade.

Os rótulos atribuídos à esta nova sociedade são muitos: sociedade pós-moderna, sociedade de capitalismo avançado, sociedade pós-materialista, pós-fordista, sociedade dos serviços, sociedade da informação, entre outros.

Por trás da quantidade e disparidade de denominações parece estar o fato de que, embora se reconheça que a sociedade começa a assumir contornos distintos daqueles que marcaram a sociedade industrial, não há um fator único proeminente que justifique um termo mais específico do que o descritor 'pós-industrial'.

Temos consciência de que a nova sociedade não mais se caracteriza pelo modo de produção industrial, mas ainda não conseguimos compreender que fator ou processo ocupará a posição determinante ocupada pela indústria por duzentos anos. (DE MASI, 1999, p. 30).

O prefixo 'pós-' define por exclusão, sem que se especifique com clareza o que está incluído no conceito (IMBESI, 2011). A sociedade pós-industrial é então caracterizada por seus traços que contrastam com aqueles da sociedade industrial.

Uma revisão sobre o tema revela três linhas distintas que indicam aspectos determinantes para a sociedade pós-industrial: (1) a passagem da produção de bens para uma economia baseada nos serviços, acompanhada de uma proeminência da classe dos profissionais e técnicos, como propôs Bell (1973); (2) preocupações com a preservação ambiental e com o esgotamento de recursos naturais; e (3) formas descentralizadas de organização e produção, mais voltadas para a realização de valores humanos do que de valores materiais (DE MASI, 1999, p. 37).

A despeito da diversidade de abordagens, um denominador comum pode ser identificado. Nelas se encontra, em maior ou menor grau, um distanciamento dos valores e das implicações da organização industrial sobre a sociedade, sobre os modos de vida e de produção.

Cabe notar que a produção teórica mais expressiva sobre a sociedade pós-industrial foi elaborada com as mudanças sociais em curso, ainda nas décadas de 1970 e 80. Não é claro, por exemplo, se a sociedade pós-industrial seria um desdobramento ou uma ruptura em relação à sociedade industrial. Nas teorias produzidas, estes entendimentos se misturam.

De um lado, a indústria avançou. Muito da produção teórica sobre a sociedade pós-industrial parece se apoiar na ideia de que as mudanças partem das próprias indústrias.

Por outro lado, a produção descentralizada, escalas menores de produção, tendências de desconcentração urbana e trabalho em casa, e o aumento da produção para uso próprio começam a delinear uma outra sociedade (TOFFLER, 1980, p. 333). Nesta sociedade, a fábrica não serve mais como modelo para outros tipos de instituições.

A produção teórica sobre a sociedade pós-industrial, portanto, entrelaça aspectos de continuidade e ruptura com a sociedade industrial. Como ilustra a previsão de Toffler de um outro modelo industrial, controlado por consumidores, mas ainda voltado para a maximização de recursos e a eficiência.

Ela [a indústria] se fia em métodos avançados tais como produção holística ou 'presto'. Finalmente usará menos energia, desperdiçará menos matéria-prima, empregará menos componentes e exigirá muito mais inteligência em planejamento. O mais significativo é que muitas das suas máquinas serão ativadas diretamente, não por trabalhadores, mas à distância, pelos próprios consumidores. (TOFFLER, 1980, p. 348)

As seções seguintes apresentam alguns dos aspectos principais da sociedade pós-industrial organizados nestas duas linhas, continuidade e ruptura.

2.2.1 Sociedade pós-industrial e continuidade

Entendimentos da sociedade pós-industrial como continuidade da sociedade industrial têm como aspectos principais: mudanças na própria organização industrial; um movimento em direção a uma economia de serviços; teorias pós-fordistas e a especialização flexível; a valorização das preferências individuais de consumidores; e a preocupação com impactos ambientais da indústria.

Nesta linha, embora as distinções sejam suficientes para fins analíticos, em um senso histórico a sociedade pós-industrial seria uma continuação de tendências que se desdobram a partir da sociedade industrial (BELL, 1973, p. 115).

Algumas mudanças são percebidas na transformação da própria organização industrial. A descentralização das decisões e dos meios de produção, por exemplo, um dos aspectos determinantes das sociedades pós-industriais, poderia ser observada na divisão da grande empresa em unidades de negócios menores ou regionais.

Algumas organizações industriais se transformaram a tal ponto que guardam poucas características da indústria tradicional. Estruturas hierárquicas foram simplificadas, funcionários têm certa liberdade para escolher horários de trabalho, para se movimentar e conversar dentro da empresa, características impensáveis na fábrica típica da produção em massa (TOFFLER, 1980, p. 185).

De Masi (1999) também observa uma profunda transformação nas empresas. Nos locais de produção a automação assume os trabalhos insalubres e repetitivos, computadores em rede facilitam as comunicações e a estrutura hierárquica também se transformou.

Surge uma organização, ao menos em parte, mais humanizada quando comparada à organização industrial tradicional.

Para além das fábricas, a ideia original de sociedade pós-industrial implicaria em uma mudança da economia industrial para uma economia de serviços. Contudo, muitos dos serviços dependem da indústria e da produção industrial (CASTELLS, 1999, p. 267).

Parece haver certa ingenuidade na proposição de uma sociedade de serviços.

Por razões tanto estratégicas quanto econômicas, as nações ricas não podem permitir-se ceder toda a indústria e não se tornarão puros exemplos de 'sociedades de serviço' ou 'economias de informação'. A imagem do mundo rico vivendo de produção não-material enquanto o resto do mundo se empenha na produção de mercadorias materiais é altamente supersimplificada. (TOFFLER, 1980, p. 186)

Na realidade, por trás da perspectiva de sociedade pós-industrial como sociedade de serviços está a ideia de centralidade do conhecimento no sistema produtivo e na organização social.

[...] na sociedade pós-industrial cresce a importância produtiva do conhecimento: conhecimento do passado, criatividade do futuro, educação como aquisição e maximização do recurso 'saber'. (DE MASI, 1999, p. 90)

e,

O conceito de sociedade pós-industrial enfatiza a centralidade do conhecimento teórico como eixo em torno do qual novas tecnologias, crescimento econômico e a estratificação social serão organizados. (BELL, 1973, p. 112).

Centrada no conhecimento, a sociedade pós-industrial seria "um jogo entre pessoas", entre profissionais, no qual a informação é o principal insumo. (BELL, 1973, p. 127)

O valor da produção industrial não estaria mais na transformação física de materiais, mas na produção de valor intangível para os produtos. Assim, a produção de valor se desloca da fábrica para os profissionais que, munidos de informações e conhecimentos, prestam serviços para a indústria (IMBESI, 2012).

Paralelamente, teorias pós-fordistas enfatizam o papel de novas tecnologias de produção, em especial daquelas que permitem certa flexibilização da produção.

Enquanto as tecnologias tradicionais de produção industrial são altamente caras e especializadas, uma gama de novas tecnologias provoca o surgimento de um novo modelo de produção e consumo, o modelo da especialização flexível.

Máquinas-ferramentas numericamente controladas permitem a produção econômica de pequenos lotes de bens – tanto de capital quanto de consumo – voltados para setores especializados do mercado. [...] Novos produtos não exigem novas ferramentas nem reajustes caros e demorados ou a reforma de velhas máquinas. As ferramentas numericamente controladas são máquinas universais não-especializadas. Novos desenhos e novos produtos são resultado de mudanças relativamente simples nos programas controlados por computador que controlam tais máquinas. A tecnologia flexível dá origem à especialização flexível. (KUMAR, 2002, p. 83)

Pequenas e grandes empresas se beneficiaram destes avanços tecnológicos. As economias de escala são substituídas por economias de escopo, definidas por uma produção diversificada para vários mercados.

O escopo dos produtos e serviços oferecidos se relaciona com a extensão de mercados nos quais a organização atua. Uma constatação talvez ainda mais importante é a de que “escopo é essencialmente um conceito conduzido pela demanda”, um movimento em que a demanda orienta o que é oferecido (MINTZBERG, LAMPEL, *et al.*, 2006, p. 117).

Assim, economias de escopo contrastam com economias de escala uma vez que não são centradas na padronização de produtos e na maximização da produção, mas na produção de ofertas personalizadas, na customização.

Enquanto economias de escala fazem sentido no atendimento ao consumo em massa, economias de escopo se alinham com a valorização das particularidades e preferências individuais de consumidores.

Este seria um movimento de desmassificação da própria sociedade, que teria como premissa o reconhecimento de interesses individuais variados, com indivíduos assumindo o lugar que antes era ocupado pelas massas.

[...] há alguma coisa mais profunda em ação. Pois a crescente diferenciação das mercadorias ou serviços também reflete a crescente diversidade das necessidades, valores e estilos de vida numa sociedade desmassificada (TOFFLER, 1980, p. 234)

Neste novo contexto, o advento de tecnologias de produção mais flexíveis viabilizou a customização necessária para atender às demandas variadas e inconsistentes (IMBESI, 2012, p. 38).

Entretanto, as novas tecnologias não tiveram os efeitos esperados, ao menos não no sentido de uma mudança drástica para a personalização.

As mudanças se efetivaram em direção a uma 'padronização personalizada', situação na qual consumidores podem escolher seu próprio conjunto (personalizado) de componentes padronizados.

A teoria é sobre personalização, mas o pensamento e a produção preservam a lógica da padronização (MINTZBERG, LAMPEL, *et al.*, 2006, p. 215).

Os indícios de uma sociedade pós-industrial que se desdobra a partir da sociedade industrial são: a descentralização dos meios de produção pela própria indústria; a 'humanização' relativa do trabalho industrial; uma economia de serviços técnicos e profissionais baseada na centralidade do conhecimento; a adoção de novas tecnologias de produção pela indústria que permitem um movimento em direção à customização e à valorização das preferências de consumidores; e a preocupação com impactos ambientais decorrentes da produção em massa.

Entretanto, permanecem fortes traços da era industrial. Apesar de tantas transformações, a necessária mudança de mentalidade ainda estaria por vir. A direção das empresas ainda pensa a partir dos princípios e valores da era industrial (DE MASI, 1999, p. 96).

2.2.2 Sociedade pós-industrial e ruptura

Uma outra linha indica sentidos para rupturas com o modelo industrial antecedente.

Um dos sentidos de ruptura mais interessantes foi apontado por Schumacher (1973) na proposição de descentralização dos meios de produção pela difusão de tecnologias intermediárias.

A ideia se forma a partir da percepção de que tecnologias industriais, embora sejam muito produtivas, são também muito caras. Países pobres não poderiam contar com estas tecnologias e estariam habituados a tecnologias simples e pouco produtivas.

Uma alternativa estaria nas tecnologias intermediárias, mais produtivas do que as tecnologias básicas com as quais estes países estavam habituados e, ao mesmo tempo, economicamente viáveis para ampla adoção pelos países pobres.

Estas tecnologias ainda apresentariam outras vantagens;

A tecnologia intermediária se encaixaria muito mais suavemente no ambiente relativamente pouco sofisticado no qual deverá ser utilizada. O equipamento seria muito mais simples e portanto, compreensível, adequado para manutenção e reparo no local onde está instalado. Equipamentos simples são normalmente muito menos dependentes de matérias primas com alto grau de pureza ou especificações exatas e muito mais adaptáveis a flutuações de mercado do que equipamentos altamente

sofisticados. Homens são mais facilmente treinados: supervisão, controle e organização são mais simples; e há muito menos vulnerabilidade a dificuldades imprevistas. (SCHUMACHER, 1973, p. 308)

Da ideia de tecnologias intermediárias deriva a noção de tecnologias apropriadas, adequadas para contextos não-industrializados, localmente controladas, aplicadas em pequena escala e de maneira descentralizada (HAZELTINE e BULL, 1999).

Outro ponto que indica ruptura com a organização industrial está na noção de *prossumers* proposta por Toffler, ou seja, indivíduos que são, ao mesmo tempo, produtores e consumidores daquilo que produzem.

[... na sociedade rural] a maioria das pessoas consumia o que elas mesmas produziam. Não eram produtores nem consumidores no sentido usual. Eram o que, em vez disso, poderiam ser chamados 'prossumidores' [...] passamos de uma sociedade agrícola, baseada em 'produção para uso' – uma economia de prossumidores por assim dizer – para uma sociedade industrial, baseada em 'produção para troca'. (TOFFLER, 1980, p. 267)

Na sociedade industrial um comportamento 'faça-você-mesmo' era visto apenas em pequenos reparos domésticos; Toffler (1980, p. 273) observou, a partir de uma ampliação vertiginosa no mercado de ferramentas e materiais para amadores, uma mudança no valor atribuído ao trabalho manual, entendido pelo autor como um caminho – ainda que limitado – em direção à autossuficiência.

Há indícios de ruptura também em efeitos distintos causados pelos mesmos fenômenos já identificados como causadores de efeitos de continuidade.

Em uma perspectiva de ruptura com a sociedade industrial, a sociedade desmassificada levaria não somente a preferências de consumidores particularizadas e à customização em massa, mas à valorização das particularidades dos indivíduos profissionais.

Grupos que através da Segunda Onda [era industrial] lutaram para serem 'integrados' ou 'assimilados' na sociedade de massa agora se recusam a misturar suas diferenças. Em vez disso, acentuam as suas características únicas. E as companhias da Segunda Onda, ainda organizadas para operação numa sociedade de massa, estão ainda incertas sobre como enfrentar essa crescente onda de diversidade entre seus empregados [...] (TOFFLER, 1980, p. 234)

Associada à valorização das características individuais do trabalhador está uma mudança na própria noção de trabalho.

Na sociedade pós-industrial as pessoas passaram a "exigir não apenas empregos, mas trabalho que seja criativo, psicologicamente satisfatório ou socialmente responsável." (TOFFLER, 1980, p. 136)

Diferentemente do trabalho industrial oferecido e definido pelo empregador, o conceito de trabalho pós-industrial seria definido pelo indivíduo, devendo satisfazê-lo e ser socialmente útil (CROSS, 1981).

Finalmente, são observadas também mudanças nas formas das organizações. Toffler identificou o surgimento de organizações intra-organizacionais, ou seja, equipes que se formavam dentro das organizações, em torno de projetos, comissões e forças-tarefa;

Chamei a este fenômeno ad-hocracia. Assim, uma equipe de projeto típica pode ter pessoas da manufatura, da pesquisa, das vendas, da engenharia, das finanças e igualmente de outras seções. Todos membros desta equipe respondem ao chefe do projeto, assim como a um chefe 'regular'. (TOFFLER, 1980, p. 260)

De acordo com Mintzberg (2008), estruturas organizacionais tradicionais têm mecanismos de coordenação do trabalho como a supervisão direta, a padronização dos processos, a padronização das saídas ou a padronização das habilidades dos participantes.

Nas burocracias mecanizadas o trabalho operacional é rotineiro, simples e repetitivo. O controle das tarefas se dá pela padronização dos processos.

A organização industrial era uma burocracia clássica,

uma organização gigantesca, hierárquica, permanente, compacta de alto a baixo, mecanicista, bem planejada para fazer produtos repetitivos ou tomar decisões repetitivas num ambiente industrial relativamente estável.

[... já as organizações pós-industriais] têm hierarquia menos marcada. São menos pesadas no alto. Consistem em pequenos componentes ligados uns aos outros em configurações temporárias. (TOFFLER, 1980, p. 264)

As ad-hocracias identificadas por Toffler são estruturas orgânicas temporárias, arranjos adequados a esforços que pretendam promover inovações, nos quais a coordenação do trabalho se daria por ajustamento mútuo, pela simples comunicação informal entre os participantes.

Inovar significa romper padrões estabelecidos. Portanto, a organização inovadora não pode confiar em qualquer forma de padronização para a coordenação. Em outras palavras, deve evitar todas as armadilhas da estrutura burocrática [...]

De todas as configurações [organizacionais] a ad-hocracia é a que demonstra menor reverência aos princípios clássicos da administração. (MINTZBERG, 2008, p. 282)

No entanto, para Toffler as organizações pós-industriais não seriam exatamente ad-hocracias. Embora não se tenha chegado a uma caracterização definida, as organizações tenderiam a ser grupos de indivíduos em redes autocoordenadas, sem a centralização de poder em um 'chefe'.

Assim, uma sociedade pós-industrial em ruptura com a sociedade industrial encontraria a descentralização pela difusão dos meios de produção para além das organizações industriais; a valorização das particularidades individuais ultrapassa

as preferências dos consumidores e é compreendida em relação ao trabalho individual; observa-se uma busca por autonomia e autossuficiência individual; e, a forma das organizações muda, não somente há menos hierarquia, como a organização assume estruturas orgânicas temporárias que tendem a ser autocoordenadas.

2.2.3 A sociedade pós-industrial revisitada

Quase meio século após a produção teórica mais expressiva sobre a sociedade pós-industrial ter sido publicada se pode afirmar que muito do que foi apontado pelas teorias da sociedade pós-industrial se confirmou, e ainda, que o advento de uma nova disponibilidade tecnológica para a sociedade, avanços de práticas profissionais e a emergência de novos arranjos de trabalho e produção não somente reafirmam boa parte desta produção teórica como provocam novas reflexões.

Antes de indicar transformações recentes, cabe colocar que os diferentes modos de produção e trabalho coexistem, assim como seus modos de pensar característicos. Nossa sociedade segue rural, industrial e pós-industrial.

Na realidade, as formas de organização econômica mais recentes e os paradigmas a elas associados são construídos a partir de formas de organização e paradigmas anteriores, mais do que os substituem (GARDIEN, DJAJADININGRAT, *et al.*, 2014, p. 136).

Enquanto houverem demandas volumosas por produtos padronizados, ainda que por *commodities*, insumos ou matérias-primas, não se imagina uma sociedade sem indústrias.

Mesmo o advento da fabricação digital não alterou este cenário. Na fabricação em série tradicional os custos de investimentos iniciais são diluídos no volume de produtos repetidos fabricados, na fabricação digital a repetição de modelos não gera economia substancial de custos.

Como o custo por produto na fabricação digital tem se mantido mais alto do que na fabricação tradicional e, a fabricação digital permite a realização de produtos que não seriam, nem técnica, nem economicamente viáveis nos modelos tradicionais de produção em série, ambos os modelos preservam seu lugar na sociedade.

Contudo, uma nova disponibilidade tecnológica é um dos fatores de mudança mais perceptíveis desde que as teorias da sociedade pós-industrial foram elaboradas.

A inserção de tecnologias digitais na produção, por exemplo, reforça o que Imbesi constatou como a hegemonia do trabalho imaterial na criação de valor.

A crescente importância de fatores técnico-científicos e simbólico-culturais que passaram a atuar como forças motrizes para a inovação é compreendida como uma mudança do paradigma de produção, no contexto da globalização e da desmaterialização da economia (IMBESI, 2011).

Nesta 'economia do conhecimento' globalizada se assiste a uma desindustrialização parcial e regional, com subcontratações e terceirização da produção.

Paralelamente, tecnologias de produção digital, como impressoras 3D e outras máquinas CNC (controladas por computadores), inventadas há mais de três décadas, têm sido difundidas para além da indústria e de grupos especializados desde o começo deste século XXI.

Assim, embora tecnologias de produção digital não sejam exatamente novas tecnologias, a disponibilidade e a facilidade de acesso a estas tecnologias são crescentes¹, frequentemente em versões menores e com maior facilidade de uso quando comparadas ao maquinário de grande porte de fabricação digital.

Como indício de continuidade, a customização em massa se confirma como desdobramento da produção industrial. Novas tecnologias digitais permitem a centralização da produção de produtos personalizados, enquanto a manufatura aditiva comporta variedade na produção sem custo adicional além do logístico (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010).

Como aspecto de ruptura, a redução da complexidade e dos custos da impressão 3D estão, enfim, transformando a prototipagem física, de maneira análoga ao modo como a publicação *desktop* ampliou possibilidades e oportunidades para o design gráfico, como Schrage anteviu (2000a, p. 83).

A produção para o uso próprio, prevista por Toffler, também se confirmou. A disponibilidade de tecnologias aproxima meios de produção do consumidor, que potencialmente, pode ser proprietário e operador das tecnologias de produção.

Na economia do conhecimento indivíduos podem dar forma às suas próprias vidas escolhendo e relacionando opções de consumo e de educação, mais do que se manter dentro de limites impostos por subculturas (GARDIEN, DJAJADININGRAT, *et al.*, 2014, p. 126).

¹ Somente por volta de 2003 objetos impressos alcançaram qualidade suficiente para que pudessem ser entendidos como produtos (ANTONELLI, 2011). As primeiras impressoras 3D de mesa (*desktop*) foram lançadas em 2007.

Usuários não são mais apenas consumidores passivos de conteúdos criados por profissionais, assumem o papel de produtores amadores.

Com a difusão de ferramentas de design e de tecnologias de produção se instala uma perspectiva de descentralização do design. O design deixaria de ser um monopólio profissional e teria suas práticas difundidas (IMBESI, 2011).

De modo semelhante Gershenfeld (2005, p. 217) pondera que com o advento da fabricação pessoal não seria surpreendente que a engenharia se tornasse uma habilidade compartilhada, mais do que uma carreira especializada.

À desindustrialização se seguiria um tipo de desprofissionalização.

A produção amadora, entretanto, se mostra limitada,

O personagem que surge do *prossumer*, mais do que criador de formas a partir de um material primário bruto, trabalha pela manipulação de formas e de linguagens que já estão em circulação, por meio de práticas de recombinação e conversão, enquanto desenha a partir de um catálogo acessível e em permanente expansão. (IMBESI, 2012, p. 40)

Algumas aplicações das novas tecnologias permanecem imaturas, quase infantis (ANTONELLI, 2011).

Um fenômeno similar foi percebido com a difusão da computação gráfica e dos meios de publicação nas últimas décadas. A ideia equivocada de que fazer design gráfico seria fácil e que o computador faria parte do trabalho levou à uma produção volumosa de peças gráficas pobremente elaboradas por amadores.

Nos casos extremos de não-especialização, a produção amadora se difunde a tal ponto que a publicação não mediada de conteúdos têm comprometido a credibilidade das informações, extinguido postos de trabalho intermediários (como os de livreiros e de críticos especializados) e primários, de produtores de conteúdo (KEEN, 2009).

De outro lado, a disponibilidade tecnológica aproxima pessoas capacitadas – inclusive designers – dos meios de produção. Com isso assistimos à emergência de uma nova forma de ‘capitalismo pessoal’ (IMBESI, 2012), ou de ‘capitalismo independente’, independente das ortodoxias prevalecentes da teoria econômica e dos grandes negócios (NUSSBAUM, 2013).

O estúdio de design é renovado em um escritório de gestão do design e a oficina de prototipagem se torna a fábrica que produz séries pequenas de produtos; outras tarefas relacionadas à distribuição e comercialização podem ser executadas pelo mesmo escritório de design; o designer passa para uma posição que completa o ciclo de produção, experimentando com novas formas de autoprodução (IMBESI, 2012, p. 42).

Com o advento da crescente disponibilidade tecnológica, designers têm produzido microestruturas dedicadas ao design, fabricação e distribuição (MAFFEI e BIANCHINI, 2016, p. 133).

Assim, com o apoio das novas tecnologias de produção, conhecimentos e criatividade alavancam possibilidades de inovação.

Temos testemunhado ainda o surgimento de espaços compartilhados de produção, como os *Fab Labs* (laboratórios de fabricação), bem como a difusão destas tecnologias nos centros de pesquisa das universidades e, paralelamente, o surgimento de sistemas distribuídos de produção, locais e globais.

Os *Fab Labs* foram uma iniciativa para explorar aplicações e implicações das tecnologias de fabricação pessoal (ou *desktop*). Em 2002 os primeiros *Fab Labs* foram montados na Índia rural, na Costa Rica, no norte da Noruega, no centro de Boston e em Gana. Nestas iniciativas as tecnologias de fabricação *desktop* se mostraram muito mais adequadas do que a produção em massa ao atendimento de necessidades locais e desejos individuais (GERSHENFELD, 2005, p. 21).

Na experiência em campo os *Fab Labs* permitiram que indivíduos construíssem soluções para desafios locais que não seriam viáveis em escala industrial. No contexto industrial um indivíduo inventar sozinho é algo quase inconcebível, “o processo de desenvolvimento corporativo demanda as habilidades de grupos de engenheiros especializados, usando instalações caras” (GERSHENFELD, 2005, p. 170).

A autonomia relativa e o sentido de autossuficiência propiciados pela instalação dos laboratórios de fabricação remete aos ideais da tecnologia intermediária ou apropriada.

De acordo com Gershenfeld, o acesso às tecnologias de fabricação pessoal oferece um empoderamento tecnológico que permite um tipo de libertação econômica e intelectual (2005, p. 254).

Paralelamente assistimos à emergência de sistemas distribuídos de fabricação digital.

A mudança epistemológica e histórica do paradigma Fordista-Taylorista da produção em massa para o desenvolvimento Pós-Industrial desenha uma nova geografia econômica e produtiva: com a indústria da linha de montagem deixando espaço para formas de trabalho novas e flexíveis, uma rede de *hubs* conectados desloca e autonomiza atividades de manufatura. (IMBESI, 2011)

Para além dos *hubs* de produção, o trabalho colaborativo em rede ocupa um lugar de destaque na sociedade pós-industrial. O desenho e desenvolvimento de plataformas colaborativas permite a organização de projetos complexos.

Na sociedade centrada no conhecimento, a difusão de conhecimentos úteis para fora das companhias industriais colocou a necessidade de se repensar a lógica de pesquisa e desenvolvimento nas empresas. Estabelecer conexões entre conhecimentos passou a ser o papel central da pesquisa (CHESBROUGH, 2012, p. 68). Assim, a inovação aberta insere um corte claro em relação à mentalidade da sociedade industrial.

Comunidades de inovação aberta permitem a participação de pessoas que não fazem parte do grupo de contratados de uma empresa, mas que são capazes de colaborar e estão predispostas a participar.

As empresas estão cheias de burocracia, de procedimentos e de processos de aprovação, estrutura concebida para defender a integridade da organização. As comunidades, por outro lado, se formam em torno de interesses e necessidades comuns e não têm processos supérfluos [...] A comunidade existe para o projeto, não para apoiar a empresa que desenvolve o projeto. (ANDERSON, 2012, p. 170)

Esta dinâmica colaborativa alcança as práticas de design. As abordagens de design aberto (*open design*) contrastam com a herança deixada pela economia industrial que é dependente de um modelo de negócios baseado em comando e controle e na proteção da propriedade intelectual.

Os experimentos de design aberto, assim com os *Fab Labs* em operação, são nós de um sistema que emerge como alternativa ao modelo industrial (THACKARA, 2011).

2.3 Possibilidades para o design pós-industrial

Neste trabalho interessa, em especial, refletir sobre as possibilidades para um design pós-industrial em termos das forças que influenciam suas possibilidades no século XXI e das práticas de design que emergem neste contexto.

O ‘contradesign’ de Alchimia e Memphis, por exemplo, já fazia oposição ao design industrial ‘frio’ com a produção de um design ‘quente’;

A partir dos anos 60, diversas correntes se moveram centrifugamente em relação à indústria, berço originário do design moderno, de maneira especial, indo de encontro a formas de produção artesanal e artística. (FRANZATO, 2010, p. 90)

Este movimento encontra seu ápice nas décadas de 1980 e 90, em experimentações pós-industriais que, “conscientemente desafiavam os tradicionais processos produtivos ou até abusavam deles [...] movimentos que de alguma maneira libertaram o design da indústria, mas que o aproximaram à empresa contemporânea.” (FRANZATO, 2010, p. 90).

As possibilidades para o design pós-industrial podem ser pensadas a partir das três correntes teóricas para a sociedade pós-industrial evidenciadas pela revisão de De Masi, 'teóricos da sociedade de serviços', 'ecologistas' e 'descentralizadores'.

Uma associação imediata com estas três perspectivas indicaria uma ênfase no design de serviços, no ecodesign ou em outras formas de design socialmente responsável e em práticas de design participativo e design aberto.

Ao mesmo tempo, as diferentes perspectivas para o design e para a sociedade pós-industrial não são excludentes e podem ser interconectadas.

Para Thackara, por exemplo, ética e responsabilidade podem informar ao design sem limitar as possibilidades de inovação técnica e social. A premissa é relativamente simples, se nós projetamos nosso caminho para dentro das dificuldades, poderíamos projetar nosso caminho para sair delas. (THACKARA, 2005, p. 8).

Uma ênfase na descentralização tecnológica e nas transformações organizacionais também não exclui necessariamente as demais perspectivas sobre a sociedade pós-industrial.

Para Flusser, a revolução atual é técnica:

[...] o mesmo pode ser afirmado a respeito de todas as revoluções culturais precedentes. A revolução neolítica, por exemplo, surge a partir de novas técnicas da pecuária e da agricultura, e a revolução industrial surge a partir de novas técnicas apoiadas em teorias. Ambas as revoluções acabaram com o que se tinha previamente por sagrado. Os revolucionários 'políticos' vieram depois dos 'técnicos' para injetar 'valores', para 'sacralizar' as formas sociais emergentes. (FLUSSER, 2008, p. 89)

Uma das principais forças motrizes para o design pós-industrial no século XXI parece estar nas transformações tecnológicas que ampliam o espaço de possibilidades de design, aproximam designers e produção e, ao mesmo tempo, facilitam o compartilhamento, a troca de informações e o codesenvolvimento.

O deslocamento em relação à organização industrial deve ser compreendido não apenas em termos de mudanças técnicas que transformam os meios de produção, mas também em termos de outras mudanças que esta transformação faz emergir, no caso deste trabalho, em especial, nas mudanças relacionadas às práticas de design, provocadas pela disponibilidade crescente de tecnologias avançadas para indivíduos e pequenos grupos autônomos, tipicamente desvinculados do contexto da organização industrial.

Inovação e design abertos implicam no esmaecimento das distinções entre designers e usuários. Nestes casos o principal papel do designer pós-industrial

passa a ser orquestrar a inovação aberta, em uma prática que inclui a participação de especialistas de disciplinas estrangeiras e de usuários (GARDIEN, DJAJADININGRAT, *et al.*, 2014, p. 128).

Por outro lado, não há indícios de que os amadores, sós, possam produzir resultados relevantes em design pós-industrial. Como Thackara coloca, “as multidões podem ser sábias, mas elas ainda precisam dos designers.” (2011).

Ao mesmo tempo, subcontratação e terceirização da produção para fornecedores estrangeiros afastam o designer das fábricas. A produção de ‘baixo custo’, na verdade, esconde custos ocultos substanciais, como a perda de habilidades de fabricação, a perda de conhecimentos sobre produtos, uma vez que a terceirização requer a transferência de *know-how*, e, custos de oportunidades de inovação perdidas, uma vez que a interação entre desenvolvedores e fabricantes é limitada e, portanto, o modelo da terceirização requer especificações completas desde o início da produção (ESSLINGER, 2009, p. 136-144).

Como se argumentou, a fabricação exerce forte influência sobre decisões de design. Ocorre que, recentemente, a ideia de ‘fábrica’ está mudando, em especial em decorrência da crescente disponibilidade de tecnologias digitais de produção (ANDERSON, 2012, p. 16).

Este fenômeno aproxima designers e meios de produção, abrindo novas possibilidades de criação e um espaço para experimentação sem precedentes.

Emerge assim, um novo cenário marcado pela autoprodução.

O sentido original do termo ‘autoprodução’ se refere a um método de manufatura íntimo e autônomo, que tem no indivíduo ativo e responsável o centro do processo. Nesta perspectiva o designer, capaz ao mesmo tempo de lidar com materiais e tecnologias e de colocar em prática seu pensamento crítico, teria à sua disposição as ferramentas mais apropriadas para renovar o sistema convencional (SCARPITTI, 2016, p. 47-48).

Ao mesmo tempo, como Christensen (2003) constatou, grandes organizações têm capacidades muito especializadas e práticas analíticas inadequadas quando o que está em questão é inovação radical.

Poucas companhias se organizam para se manterem atualizadas frente às estas mudanças paradigmáticas. O território de novos paradigmas é usualmente cartografado por *start-ups* mais do que por atores estabelecidos; como resultado, companhias que cresceram em um paradigma anterior correm o risco de serem atoladas por uma mentalidade e por modos de trabalhar ultrapassados. (GARDIEN, DJAJADININGRAT, *et al.*, 2014, p. 137)

A autoprodução e o design pós-industrial, com o advento da disponibilidade de tecnologias de experimentação e produção parecem oferecer um caminho mais fértil para a inovação do que aqueles já trilhados e conhecidos pela organização industrial.

2.4 Design pós-industrial como experimentação e indisciplina

Considerando que o design industrial – como é conhecido – é estreitamente associado aos sistemas técnicos industriais, então uma transformação tecnológica deveria ser acompanhada por uma transformação do design, com implicações sobre a educação e sobre as práticas profissionais (MAGALHÃES, 2014, p. 155).

Além disso, é notório que a produção de conhecimentos em design deve se permitir ser influenciada pelas mudanças contextuais da prática (DORST, 2008, p. 7).

Algumas mudanças têm sido observadas junto às práticas de design, entre elas são recorrentes observações que indicam o esmaecimento de fronteiras entre especialidades do design, inclusive entre o design de produtos e o design de serviços, assim como a participação crescente de pessoas que não são educadas em design nas práticas de design, inclusive com processos conduzidos por amadores (DYKES, RODGERS e SMYTH, 2009; BREMNER e RODGERS, 2013).

Enquanto sociedade centrada no conhecimento, a sociedade pós-industrial seria organizada em torno da competência profissional. Apesar disso, alguns autores constataram uma crise do profissionalismo. Ao menos em parte, esta crise se deve à inaptidão das divisões disciplinares em lidar com a complexidade inerente às situações da prática, que resiste às habilidades e técnicas tradicionais (SCHÖN, 1983, p. 14).

A crise do profissionalismo termina por provocar uma situação pós-disciplinar nas práticas criativas. As pessoas não se ajustam mais a categorias organizadas como designers, artistas e engenheiros, mas sim como híbridos; esta seria uma decorrência do conjunto de ferramentas (tipicamente digitais) compartilhado por estes profissionais (CELASCHI, FORMIA e LUPO, 2013, p. 5).

Os desenvolvimentos expressivos de tecnologias da informação e computação têm apresentado novas oportunidades para a prática criativa; padrões de prática fluidos e evolucionários regularmente atravessam e transfiguram fronteiras conceituais e disciplinares e, a indisciplinaridade desponta como um modo particular de trabalho, uma abordagem que não se preocupa com o que é considerado adequado ou não para as disciplinas. O trabalho deixa de ser

disciplinar e novas e inesperadas formas de trabalhar são criadas (BREMNER e RODGERS, 2013, p. 12).

Nesse sentido, a indisciplinaridade compreenderia “esquecer as disciplinas, como um passo mais radical do que meramente ‘transcender’ as disciplinas.” (CELASCHI, FORMIA e LUPO, 2013, p. 6), ao mesmo tempo em que práticas emergentes de design desafiam o quadro de referência das especialidades e, portanto, redesenham o campo do design.

A problemática relacionada a este contexto inclui o fato de que uma abordagem indisciplinada não poderia ser ensinada por uma disciplina. Uma alternativa seria a educação baseada no questionamento deliberado a regras, métodos e procedimentos (CELASCHI, FORMIA e LUPO, 2013, p. 8).

O jogo geracional dos métodos, no campo do design, no qual gerações de métodos substituem as anteriores quando estas se mostram inadequadas, é confrontado por Cross (1981) pela possibilidade de um design pós-industrial. As abordagens de design pós-industrial seriam, assim, uma alternativa aos aparatos metodológicos.

Aparentemente, duas tradições do design estariam em conflito, uma fundada na técnica e na metodologia, outra, na arte e na unicidade da prática (CELASCHI, FORMIA e LUPO, 2013).

De um lado, a sofisticação metodológica encontrada em práticas como DfM e outras, parece fazer sentido em uma abordagem pós-industrial de continuidade, que embora represente avanços não deixa de ser parte de uma mentalidade ainda fortemente associada ao paradigma industrial.

Se uma companhia continua a adotar processos, métodos, ferramentas e competências de um paradigma anterior, ela só alcançaria soluções ajustadas para este paradigma antigo (GARDIEN, DJAJADININGRAT, *et al.*, 2014, p. 119).

Por outro lado, a experimentação se mostra como uma abordagem adequada às práticas indisciplinadas.

O designer de rupturas [...] é, por definição, um experimentador que usa a lógica da ciência e da arte juntas, integrando-as e misturando-as, um profissional de processos inovadores que frequentemente começam a partir da habilidade de negar métodos, ignorar restrições, buscar continuamente inovação radical e evitar se atrelar a um método único. (CELASCHI, FORMIA e LUPO, 2013, p. 7)

Esta seria uma abordagem indisciplinada, transgressora, que consiste em desobedecer a regras técnico-funcionais, socioeconômicas e estéticas.

Ao mesmo tempo, a experimentação contínua acomoda bem requisitos dinâmicos (GARDIEN, DJAJADININGRAT, *et al.*, 2014, p. 128).

A aproximação entre tecnologias de produção e designers faz destes meios de produção meios para a experimentação. As tecnologias que podem apoiar práticas de experimentação em design parecem ser de fundamental importância para um design pós-industrial. Entre elas, merecem destaque as tecnologias de fabricação digital e impressão 3D; os sistemas de prototipagem eletrônica que facilitam a integração de microcontroladores, sensores e atuadores em protótipos físicos; e os sistemas de design paramétrico e generativo apoiado por computadores.

Assim, uma abordagem de design pós-industrial de ruptura poderia ser caracterizada por práticas de design baseadas na experimentação, apoiadas pelo advento da nova disponibilidade tecnológica, características do cenário da autoprodução, centradas no conhecimento e realizadas por pessoas capacitadas, ainda que sem especialidades bem definidas, que podem contar (ou não) com a participação de usuários e amadores, e compreender (ou não) outros interesses pós-industriais como a preocupação ambiental.

3

Experimentação em Design: elementos e opções estratégicas

A experimentação é parte tão intrínseca das práticas de design que, como Bürdek (2010, p. 30) sugere, é difícil até mesmo imaginar um design que não seja de algum modo experimental. Embora a experimentação seja reconhecida como o cerne das práticas de design e eventualmente mesmo da ideia de design como disciplina, permanece uma lacuna de entendimentos sobre como ela pode ser organizada e quais são os elementos que podem ser articulados neste processo.

O objetivo deste capítulo é colocar em evidência os elementos que constituem a experimentação em design, bem como discutir como uma perspectiva sobre estratégias para a experimentação em design pode ser construída.

Para alcançar este objetivo foi conduzida uma revisão sistemática da literatura, seguida por análise e discussão. Mais do que apenas seguir divisões disciplinares, procurou-se identificar e distinguir temas centrais a partir de diferentes correntes teóricas. Estes temas centrais foram conceitualmente sintetizados e são apresentados nas três primeiras seções deste capítulo.

Primeiro entendeu-se necessário delinear a ideia de experimentação em design. A experimentação em design é brevemente comparada com outras práticas experimentais bem conhecidas.

Depois, diferentes perspectivas sobre a experimentação em design como um processo foram revisadas. A experimentação em design é apresentada como um processo dialógico. A perspectiva de processos de design como ciclos de experimentos e a ideia do design como um processo de conversação são introduzidas.

Em seguida são destacados elementos, ou construtos, da experimentação em design. Uma vez entendidos como construtos eles compreendem uma variedade de possibilidades de configuração. Assim, internamente a cada um destes construtos são apontadas algumas variáveis determinantes para estes elementos. Neste ponto, são apontadas e exploradas algumas divergências notáveis entre as principais correntes teóricas.

A quarta seção deste trabalho é uma tentativa de reenquadrar opções estratégicas para a experimentação em design. As noções de 'programa', 'processo' e 'projeto' são usadas para discutir abordagens divergentes. A partir da revisão da literatura são destacadas dificuldades em conectar práticas experimentais com processos e rotinas organizacionais, assim como são discutidas sugestões, teorias incipientes e questões abertas voltadas para fazer frente a estas dificuldades.

Sugere-se uma mudança das abordagens estabelecidas sobre processos formais idealizados e estruturas de projeto para outra, que seja baseada nos processos experimentais reais das práticas de design.

Na última seção deste capítulo argumenta-se que uma perspectiva como esta deve considerar fatores do processo experimental e outros, situacionais, presentes no entorno imediato das práticas. Também se sugere que é necessária uma revisão dos objetivos entranhados de eficiência e controle e, se argumenta que efetividade e flexibilidade podem ser objetivos mais adequados para a experimentação, dada a natureza do processo, a variedade de contextos e circunstâncias em que se dá a experimentação e a variedade de interesses a serem satisfeitos.

Finalmente são apresentadas algumas sugestões para desenvolvimento teórico que apoie a concepção de estratégias a serem criadas 'para' e 'dentro' da experimentação em design.

3.1 Experimentação em Design

A experimentação em design tem sido um tema de pesquisa para duas correntes teóricas principais.

De um lado está a Prática Reflexiva de Donald Schön (1983; 1988; 1992) e desenvolvimentos subsequentes no campo do Design pela chamada terceira geração dos métodos, com ênfase nos aspectos cognitivos da prática do design.

A 'pesquisa pelo design', também baseada na ideia de prática reflexiva, aborda o tema, embora o foco seja a discussão epistemológica sobre design.

A prática reflexiva de Schön é elaborada no contexto da experimentação por profissionais.

De outro lado, a pesquisa sobre Gestão de Desenvolvimento de Produtos e Serviços (GDPS) tem explorado a experimentação em alguma extensão no contexto de grandes organizações industriais e prestadoras de serviços.

Entre os principais autores neste campo estão Clark and Wheelwright (1993), Michael Schrage (2000a; 1993), Stefan Thomke (2007; 2003), Ulrich and Eppinger (1995), Doroty Leonard-Barton (1991) e Dan Droz (1992).

Alinhada a esta corrente, a gestão do design tem como objetivo promover trocas práticas e teóricas entre a gestão e o design. Apesar do grande conjunto de contribuições de alguns pesquisadores (e.g. COOPER e PRESS, 1995, BRUCE e BESSANT, 2002, MOZOTA, 2003, BEST, 2006), contudo, a experimentação em design não é inserida nestas discussões e raramente é mencionada.

Parcialmente elaboradas a partir de questões e proposições levantadas anteriormente pela literatura da gestão do design (LORENZ, 1986; GORB, 1990) e compreendidas como derivadas do paradigma da gestão do design (COOPER, JUNGINGER e LOCKWOOD, 2011, p. 25-27), abordagens recentes ao *design thinking* pedem por “balancear maestria analítica e originalidade intuitiva em uma interconexão dinâmica” (MARTIN, 2009, p. 6) e têm o mérito de reassumir a experimentação como um núcleo necessário às práticas de design (BROWN, 2009; MARTIN, 2009). Muito embora estas abordagens à experimentação não explorem a experimentação em si, o processo, seus elementos constituintes e seu entorno imediato.

Mais recentemente alguns autores têm argumentado que a democratização de tecnologias está chamando por uma terceira revolução industrial, baseada em uma atitude ‘faça-você-mesmo’, no desenvolvimento amador de produtos por explorações (*tinkering*) e pela fabricação digital (e.g. ANDERSON, 2012).

Alguns pesquisadores já questionam se este movimento *maker* não seria mais um tipo de movimento de consumo dirigido pela influência de atores econômicos do que um movimento contra-cultura (CARELLI, BIANCHINI e ARQUILLA, 2014). De todo modo se encontra apenas algumas reflexões iniciais sobre o tema.

Assim, permanecem as duas correntes teóricas principais para a experimentação em design, a Gestão de Desenvolvimento de Produtos e Serviços e a Prática Reflexiva, com abordagens muito distintas sobre a experimentação. Neste capítulo são apresentadas e discutidas algumas particularidades encontradas.

A fim de delinear o largo espectro das práticas experimentais possíveis e, sem nenhuma pretensão excludente ou reducionista, cabe apresentar algumas observações comparativas entre práticas experimentais em design e outras bem conhecidas.

A experimentação em design difere da experimentação científica uma vez que não é estritamente analítica e não se apoia em rigor científico; também difere da experimentação técnica uma vez que sua racionalidade é essencialmente outra em suas questões, problemas, processos e proposições; e difere da experimentação artística quando fatores implicados pelo caráter útil, funcional ou comercial do artefato de design prevalecem.

Ao mesmo tempo a experimentação em design se aproxima da experimentação científica quando o objetivo é a pesquisa pelo design e a produção formal de conhecimentos; da exploração técnica uma vez que é fortemente influenciada por tecnologias experimentais e de produção; e da experimentação artística quando fatores expressivos e estéticos, ou mesmo reflexões conceituais, estão em jogo. Como pode se perceber há várias sobreposições possíveis.

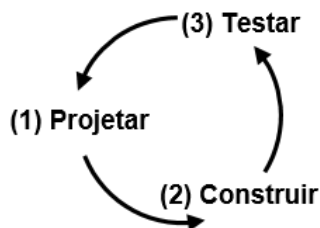
Outros elementos devem ser incluídos nesta discussão para que se possa começar a delinear o caráter múltiplo da experimentação em design e suas dinâmicas. As seções seguintes exploram alguns destes fatores, identificados junto ao processo experimental e seu entorno.

3.2 Processos de Experimentação em Design

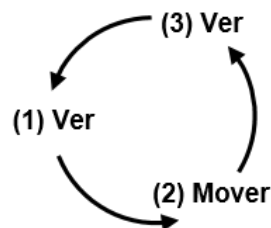
Junto às diferentes correntes teóricas se pode encontrar duas visões principais sobre processos de experimentação (Figura 2).

Figura 2 – Duas visões principais sobre ciclos experimentais

Ciclo experimental genérico GDPS



Ciclo experimental da Prática Reflexiva



Fonte: elaborado pelo autor.

No âmbito da literatura em Gestão do Desenvolvimento de Produtos e Serviços, a experimentação é uma forma de resolução de problemas. Este processo é geralmente descrito por ciclos de projetar-construir-testar, considerados como uma atividade fundamental para a inovação.

Ciclos projetar-construir-testar são entendidos como os “blocos básicos de construção” de projetos de desenvolvimento no “nível de trabalho onde indivíduos designers, marqueteiros e engenheiros trabalham juntos para tomar decisões detalhadas e resolver problemas específicos”, a “resolução de problemas detalhada” no núcleo dos esforços de desenvolvimento (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993, p. 597,660).

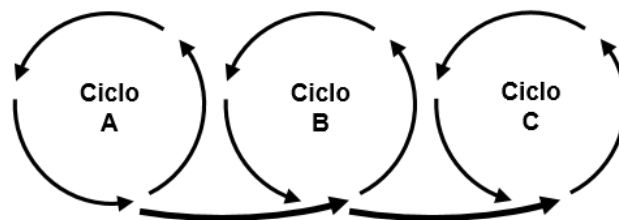
A fase de projetar corresponde ao projeto de um artefato experimental ou mesmo ao projeto do próprio experimento, então um modelo funcional ou o aparato experimental é construído, depois o modelo é testado e resultados são analisados.

De outro lado, de acordo com a perspectiva para o design da prática reflexiva de Schön (1992), os ciclos experimentais consistem em iterações ver-mover-ver, nas quais ‘ver’ não é apenas um reconhecimento sensorial, mas um tipo de julgamento subjetivo-normativo junto ao sistema apreciativo do experimentador.

No primeiro ‘ver’ o indivíduo enquadra a situação, então o indivíduo faz seu movimento, onde ‘mover’ significa uma proposição para a situação enquadrada, como, por exemplo, um *sketch* em papel ou uma modelagem em argila. Uma vez que esta proposição altera a situação existente, a proposição e suas consequências intencionais ou não-intencionais são sujeitas a um novo julgamento, o segundo ‘ver’ no ciclo.

As duas correntes tomam ciclos experimentais como unidade básica da experimentação. Entretanto, processos de experimentação não são constituídos por ciclos experimentais isolados, mas por ciclos experimentais interconectados (Figura 3). Uma dinâmica na qual cada ciclo produz saídas que serão tomadas como entradas para o próximo ciclo. Isto é assumido como verdade por ambas correntes teóricas.

Figura 3 – Ciclos experimentais interconectados



Fonte: elaborado pelo autor.

Um ciclo único gera *insight* e informações que se tornam a base para um novo ciclo e o processo continua até que desenvolvedores encontrem uma

solução. De acordo com Clark e Wheelwright, esta “sequência de ciclos forma a espinha dorsal do esforço de desenvolvimento” (1993, p. 595, 604).

Para a perspectiva da prática reflexiva, o design é – ele mesmo – uma ‘conversação’ com materiais em uma situação única e incerta (SCHÖN, 1983, p. 76-104).

Glanville explica como esta analogia funciona.

Este processo pode ser pensado como uma conversação tida principalmente (mas não exclusivamente) consigo mesmo. Na versão mais comum e tradicional, a conversação consiste em fazer um traço com um lápis sobre o papel (equivalente a falar, em uma conversação verbal), e então olhar para ele para ver o que o traço sugere (equivalente a ouvir) e conseqüentemente, modificar o desenho. O processo segue em um círculo potencialmente interminável. (GLANVILLE, 2007b, p. 1178)

Experimentadores determinam quando o processo é interrompido. O designer é envolvido em “um processo circular, de *feedback*, no qual a descrição do observador [indivíduo experimentador] e o comportamento do arranjo experimental interagem e modificam um ao outro até que estejam em acordo aparente” (JONAS, 2001, p. 69); como Glanville (1999, p. 83) observou, “o experimentador continua até que o sistema comece a funcionar como desejado”.

3.3 Elementos da experimentação em design

Nesta seção são identificados elementos da experimentação em design. Estes elementos são entendidos como construtos, uma vez que compreendem uma variedade de possibilidades para configuração. Como tal, destaca-se algumas variáveis com as quais cada um destes construtos pode ser definido.

Assim, se apresenta uma revisão a respeito de ‘tipos de experimentos’, de possibilidades de ‘organização dos ciclos experimentais’, modos de caracterizar ‘artefatos experimentais’, aspectos de ‘tecnologias para a experimentação’ e diferentes perspectivas sobre a ideia de ‘laboratório’.

3.3.1 Tipos de experimentos

De acordo com a teoria das práticas-reflexivas, são reconhecidos três tipos básicos de experimentos: experimentos exploratórios, experimentos mover (ou propositivos) e experimentos de teste de hipótese (SCHÖN, 1983).

Experimentos exploratórios são, essencialmente, uma atividade de sondagem pela qual se obtém uma percepção das coisas, que usualmente conduz a descobertas.

Experimentos propositivos (tipo mover) consistem em uma ação deliberada com um fim em mente, se relacionam com práticas inventivas.

Experimentos de teste de hipótese seguem a mesma lógica básica de experimentos científicos; objetivam discriminar hipóteses rivais e servem bem a propósitos de verificação.

A literatura sobre gestão de desenvolvimento de produtos e serviços aponta apenas para um tipo principal de experimento, o teste de hipóteses.

Embora a literatura sugira que há também experimentos não-estruturados de tentativa-e-erro, a tentativa-e-erro pode ser considerada como um estágio preliminar do método experimental (STEFFEN, 2014, p. 4).

Em alguns casos atividades de tentativa-e-erro podem não ser de fato experimentos. Frequentemente parecem ser apenas elaborações abstratas sobre 'o que' testar em um experimento de teste de hipóteses (e.g. elaborações sobre como manipular uma variável independente, ou quais variáveis introduzir no experimento).

Quando são de fato experimentos de tentativa-e-erro, experimentadores envolvidos no desenvolvimento de produtos e serviços muitas vezes não estão nem mesmo cientes do fato de que são experimentos (THOMKE, 2003, p. 92).

Experimentos podem também ser locais ou globais. Experimentos locais atacam questões parciais ou detalhadas, enquanto experimentos globais se relacionam com problemas e oportunidades gerais ou com sistemas.

Neste ponto se pode destacar algumas particularidades das abordagens para processos experimentais.

O ciclo experimental é assumido pela literatura da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços como uma prática de resolução de problemas (*problem-solving*). O artefato é considerado uma construção de um projeto previamente definido, que serve ao objetivo de executar testes (projetar-construir-testar).

Em casos como estes, portanto, o papel do artefato como um meio experimental é negligenciado, uma vez que o artefato não evolui durante um ciclo. O objetivo destes experimentos é mais a verificação de resultados esperados (são testes de hipóteses) do que obter saídas inesperadas que possam levar a novas proposições ou invenções. Modelagem e prototipagem têm início e fim dentro de um estágio específico do ciclo experimental (construir).

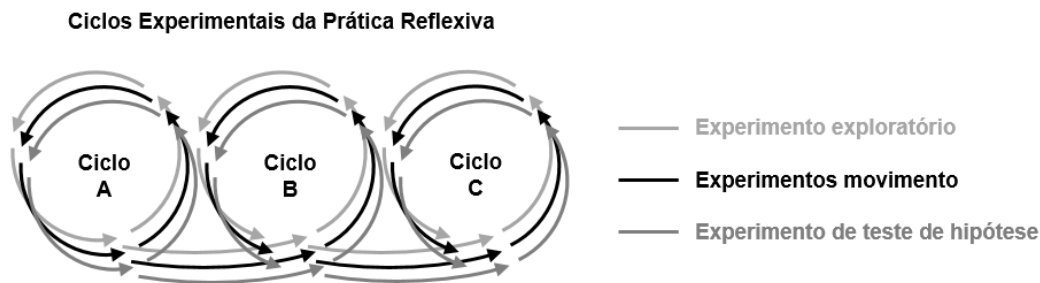
A literatura recorrentemente prescreve três ou quatro ciclos para cada projeto, embora também reconheça que o esforço completo de um projeto possa compreender mais do que uma centena de experimentos. Assim se pode assumir

que cada um destes ciclos experimentais compreenda muitos experimentos locais.

Sob o prisma das práticas reflexivas, ciclos experimentais são descritos como sendo simultaneamente um experimento exploratório, um experimento tipo mover (propositivo) e mesmo um tipo de teste de hipóteses. Assim, as abordagens de teste de hipóteses e resolução de problemas são entendidas como parte das práticas reflexivas (SCHÖN, 1983, p. 182).

Implicações decorrentes de cada movimento carregam esta complexidade e refletem proposições prévias nos próximos ciclos experimentais (Figura 4).

Figura 4 – O caráter múltiplo dos ciclos experimentais da prática reflexiva



Fonte: elaborado pelo autor.

O artefato é considerado um meio experimental e evolui durante cada ciclo e ao longo de todo o processo. Assim, ações de modelagem ou prototipagem se desenrolam ao longo do conjunto de ciclos experimentais interconectados, enquanto proposições parciais são situadas no estágio 'mover' de cada ciclo.

Cada ciclo representa apenas um experimento, mas este experimento tem um caráter múltiplo, que inclui a resolução de problemas da literatura da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços, enquanto simultaneamente assume um caráter exploratório não estruturado. Isto não significa que a teoria da prática reflexiva compreenda uma racionalidade técnica, mas ao contrário, indica que a racionalidade técnica não lida bem com as incertezas, a unicidade e o caráter intuitivo das práticas de design.

3.3.2 Organização dos ciclos experimentais

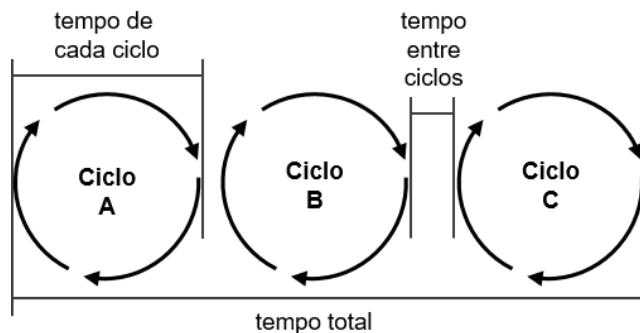
Outro construto identificado é a 'organização dos ciclos experimentais'.

O número de ciclos e sua duração podem ser vistos como decisões críticas de desenvolvimento (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993, p. 604; ULRICH e EPPINGER, 1995). De acordo com Schrage (1993, p. 63), o 'número de ciclos

experimentais' necessários para alcançar uma solução satisfatória, o 'tempo de cada ciclo', o 'tempo entre os ciclos' e o 'tempo total' são todas consideradas métricas importantes na cultura de desenvolvimento de uma organização (Figura 5).

Ciclos curtos e bem organizados ofereceriam saídas melhores e mais úteis, um tempo curto entre ciclos é considerado uma boa prática para incrementar a aprendizagem, reduzir o tempo total também é desejável uma vez que implica em reduções no tempo para o mercado, uma variável importante em ambientes competitivos (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993, p. 670).

Figura 5 – Tempo e ciclos experimentais



Fonte: elaborado pelo autor.

O tempo médio para o primeiro protótipo também seria uma variável importante, que muda muito entre diferentes organizações (BROWN, 2009, p. 106).

Há ainda outra relação entre tempo e a organização de experimentos, ciclos experimentais podem ser organizados em série e em paralelo.

De acordo com Thomke (2003, p. 110), estas duas abordagens são combinadas com frequência.

A experimentação em paralelo pode se dar com mais rapidez, mas quando ciclos experimentais se sobrepõem, há pouca ou nenhuma transferência de aprendizagem entre ciclos. Como resultado, quando a experimentação em paralelo é adotada, o número de tentativas é, usualmente, muito maior.

Ao mesmo tempo, a queda dramática no custo da experimentação causada por novas tecnologias experimentais faz com que a organização em paralelo seja mais atraente para gestores. Mesmo que um volume muito grande de experimentos possa causar sobrecarga de informações quando não há

capacidade suficiente para processar a informação produzida no tempo entre os ciclos experimentais (THOMKE, 2007, p. 153).

3.3.3 Artefatos experimentais

O terceiro construto identificado é o artefato experimental. Um artefato experimental é qualquer artefato que tenha sido modelado pela, ou para, a experimentação.

Essencialmente, um artefato experimental é um tipo de representação de uma ideia, uma aproximação a um artefato desejável que se pretende dar existência em uma realidade futura. Artefatos experimentais são frequentemente caracterizados pelo grau desta aproximação, ou seja, pela fidelidade do modelo.

Estes artefatos (ou modelos) enfatizam algumas características em detrimento de outras (SCHRAGE, 2000a, p. 7), como tal, a terminologia associada a artefatos experimentais e os modos como esta terminologia é usada variam muito (e.g. modelos e modelos funcionais, *mock-ups*, protótipos) mas quase sempre se relacionam com a fidelidade do artefato associada a um atributo específico, como a aproximação estética ou visual, o grau de representatividade de fatores estruturais e funcionais ou relativa ao volume e dimensões.

Enquanto a ausência de refinamento sugere uma abertura à imaginação e proposições (DROZ, 1992, p. 35), modelos de alta fidelidade são úteis para testar a integração do artefato pretendido com os ambientes sociais e físicos nos quais ele será fabricado, comercializado ou utilizado (LEONARD-BARTON, 1991, p. 63).

A abrangência de representatividade de um artefato também pode ser útil para caracterizá-lo. Alguns modelos representam todo o artefato ou mesmo um sistema inteiro, enquanto outros representam componentes, partes ou subsistemas. Destes diferentes graus de representatividade decorrem as noções de abrangência parcial e completa do artefato.

Outro aspecto do artefato experimental se refere à materialidade e virtualidade, de simulações virtuais (e.g. modelos digitais de produtos) a modelos materializados do que virá a ser um artefato virtual (e.g. modelos de papel de uma interface digital).

Artefatos digitais permitem mudanças amplas rápidas, nem sempre possíveis em modelos físicos, enquanto modelos físicos são sujeitos às leis naturais e fenômenos que nem sempre exercem influência em ambientes virtuais (ULRICH e EPPINGER, 1995).

Artefatos experimentais também podem ser caracterizados por sua dimensionalidade. Há uma variedade de inter-relações dimensionais possíveis entre artefatos e seus suportes. Modelos tridimensionais podem ser representados em suportes bidimensionais, como *sketches* em papel ou modelos tridimensionais em telas de computador; modelos bidimensionais podem ser representados em suportes tridimensionais, como peças cortadas a partir de chapas de madeira ou metal.

Embora a literatura revisada faça referência em especial a protótipos de produtos, aparentemente bastam ajustes menores para que estas características possam ser transpostas para outros domínios e para artefatos experimentais que não o protótipo do produto industrial, tais como interfaces digitais, artefatos multimídia e pontos de contato de serviços.

Há ainda diferentes funções de artefatos experimentais, que podem ser usados para testar e validar proposições, podem ser úteis como suporte ao codesenvolvimento e à integração interdisciplinar, para comunicar interesses e persuadir, podem também revelar falhas de conhecimento e de habilidades e levantar questões para experimentos subsequentes.

3.3.4 Tecnologias para a experimentação

O quarto construto é a tecnologia para experimentação. As tecnologias para experimentação, suas propriedades e seu potencial inerente exercem um papel fundamental na experimentação.

De acordo com Thomke (2003), a capacidade experimental de uma organização tem sido limitada pelos custos e pelo tempo requerido por experimentos complexos, entretanto, novas tecnologias experimentais podem atacar esta questão de dois modos.

Primeiro, algumas tecnologias de experimentação podem fazer as atividades experimentais mais eficientes pela redução do tempo e de custos exigidos pela experimentação, aumentando assim a capacidade experimental de uma organização.

Além disso, novas tecnologias como impressoras 3D e *softwares* de simulação também podem tornar possível experimentos 'e-se' que seriam muito dispendiosos ou quase impossíveis de realizar. Este tipo de experimentos² é útil

² A terminologia 'e-se' indica experimentos de caráter múltiplo, como aqueles da prática reflexiva, não apenas com o objetivo de testar hipóteses.

na geração de respostas preliminares a serem desenvolvidas em ciclos experimentais subsequentes (THOMKE, 2003, p. 274).

Uma vez que pessoas previamente ocupadas em fazer testes e verificações começam a jogar com novas tecnologias de experimentação, eles passam a conduzir um tipo diferente de experimento, que vai além dos propósitos de verificação, assim é aberta a possibilidade de uma “integração sem precedentes entre gestão de riscos e criação de oportunidades” (SCHRAGE, 2000a, p. 45).

Apesar dos benefícios que acompanham a adoção de novas tecnologias para a experimentação, pesquisadores têm indicado problemas que organizações têm tido na integração destas tecnologias em sua cultura e processos de desenvolvimento.

Para Thomke (2003, p. 275-76), frequentemente tecnologias mudam mais rápido do que o comportamento humano e organizacional. Culturas organizacionais, processos, rotinas e interfaces departamentais excessivas oferecem um tipo de ‘resistência interna organizacional’ que limita o potencial das novas tecnologias. Inversamente, tecnologias maduras são muitas vezes vistas como mais confiáveis e capazes de melhor desempenho.

A alternância entre diferentes tecnologias de experimentação e a combinação de tecnologias novas e tradicionais para obter o melhor dos dois mundos são sugestões de boas práticas para a experimentação, bem como parte de estratégias de experimentação.

3.3.5 O laboratório

Um quinto construto que conforma, ao menos indiretamente, as práticas experimentais é o laboratório.

O laboratório de Thomas Edison (em West Orange) foi construído e organizado de modo a facilitar a experimentação rápida. Salas com suprimentos e oficinas mecânicas eram próximas às salas de experimentação, bibliotecas e depósitos (THOMKE, 2003).

Neste contexto foram desenvolvidos produtos diversificados como a lâmpada incandescente, fonógrafos e câmeras filmadoras.

Uma característica marcante do laboratório era um armazém de aparatos, materiais e equipamentos que vieram de experimentos anteriores.

Na Ideo as *tech boxes*, um tipo de biblioteca de materiais, dispositivos e soluções parciais de projeto, remontam esta prática de arquivar artefatos. Os

expositores têm curadoria rotativa e o acervo é substituído periodicamente (KELLEY, 2001, p. 168).

Aparentemente, a organização dos laboratórios de Thomas Edison difere muito do laboratório de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da organização industrial tradicional, em especial quando o laboratório de P&D é direcionado à pesquisa básica e termina como uma função isolada na empresa, distante da produção.

Edison via as funções do inventor e do fabricante sobrepostas. “Uma linha de montagem era criada para cada novo produto, e se as vendas iniciais fossem encorajadoras, Edison rapidamente criava empresas e construía fábricas” (MILLARD, 1991, p. 195).

Assim, pode-se dizer que Edison, de certo modo, criava um protótipo da linha de produção, testava os produtos em mercados e, se houvesse um retorno positivo, criava uma fábrica para o produto.

Leonard-Barton demonstrou como uma fábrica poderia ser organizada como um ‘laboratório de aprendizagem’. Para tanto, seria essencial assumir e difundir valores como igualitarismo, compartilhamento de conhecimentos, assumir riscos e promover uma abertura a conhecimentos externos. Assim, “toda a organização seria projetada em torno da criação e do controle de conhecimentos” (LEONARD-BARTON, 1992, p. 23).

As abordagens de Edison e de Leonard-Barton representam híbridos entre o laboratório e a linha de produção da organização industrial.

Claudio Dell’Era e Roberto Verganti (2009) investigaram o que eles chamaram de ‘laboratórios orientados pelo design’. Em um estudo de casos com nove laboratórios de P&D em empresas italianas, os pesquisadores identificaram um padrão em três destes laboratórios (Centrokappa da Kartell, Centro Studi Alessi e Inno.cent da illycaffè) que tinham em comum o desenvolvimento de relações externas com designers e, até mesmo com outras companhias de outros setores, mantinham baixa interação com departamentos internos de *marketing* e eram focados mais na produção de novos sentidos (*linguistic design-driven laboratories*) do que no desenvolvimento de novas tecnologias.

Uma outra perspectiva assume o laboratório como ambiente controlado para pesquisa científica, em uma abordagem de pesquisa pelo design associada à psicologia experimental, com métodos transparentes e configurações experimentais bem-definidas (KOSKINEN, BINDER e REDSTRÖM, 2008).

Thomas Binder e Eva Brandt (2008) fizeram uma análise do que constitui um laboratório de design, para tanto partiram das noções de oficina, estúdio e ateliê.

A oficina diz respeito a um evento coletivo (*workshop*) pouco estruturado que enfatiza processos internos. O estúdio seria um ambiente instrumentalizado no qual o designer pode executar processos conhecidos para obter resultados originais. Já o ateliê seria marcado por uma abertura em direção à construção simultânea de processos e resultados.

Frente a estas três metáforas, o laboratório seria um lugar de experimentação controlada e registro documental que, por estas características, viabilizaria a escalabilidade dos experimentos para aplicações externas ao laboratório (BINDER e BRANDT, 2008).

Na perspectiva de Schrage (2000a) o laboratório é lugar de interações inteligentes entre pessoas, provocadas, em especial por uma cultura de demonstrações de ideias por meio de protótipos.

3.3.6 Quadro de referência preliminar para a experimentação em design

Os entendimentos evidenciados nesta seção sobre os elementos que dão forma à experimentação são organizados em um quadro de referência preliminar para a experimentação em design (Quadro 1).

O quadro é dividido em elementos do processo de experimentação e elementos situacionais.

Os construtos 'tipos de experimentos', 'organização dos ciclos experimentais' e o 'artefato experimental' foram considerados elementos do processo de experimentação.

Já 'tecnologias para a experimentação' e o 'laboratório' são considerados elementos situacionais, parte da situação experimental, do entorno das práticas experimentais.

Variáveis encontradas na literatura para cada construto, são apresentadas ao lado do elemento da experimentação, exceto para o primeiro item do quadro, a ideia de ciclos experimentais interconectados, que é assumida como um pressuposto para as práticas experimentais.

Quadro 1 – Quadro de referência preliminar para a experimentação em design

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| Experimentação e processo | ciclos experimentais interconectados (como pressuposto) | |
| | Tipos de experimentos | exploratórios (descoberta), propositivos (invenção), testes de hipóteses (verificação), híbridos |
| | | global (holístico em relação ao projeto), local (parcial em relação ao projeto) |
| | Organização dos ciclos experimentais | número de ciclos, duração dos ciclos e distribuição dos ciclos no tempo |
| | | organização em série e em paralelo |
| | Artefato experimental | estável (construção pré-concebida para testes), instável (meio experimental que evolui durante experimentos) |
| | | grau de aproximação a uma saída desejável (técnico / estrutural / visual / formal) |
| | | abrangência de representatividade (parcial, completa) |
| | | relação entre materialidade e virtualidade |
| | | relação de dimensionalidade entre modelo e suporte (2D, 3D) |
| | | funções (testar, comunicar, aprender, revelar falhas de conhecimento e habilidades, levantar questões para próximos experimentos) |
| Experimentação e situação | Tecnologias para experimentação | capacidade experimental |
| | | alternância entre tecnologias |
| | | combinações entre novas e tradicionais |
| | Laboratório | facilidade de acesso às instalações, tecnologias, insumos (inclusive componentes e mecanismos), e informações (inclusive sobre experimentos anteriores) |
| | | grau de isolamento ou sobreposição na relação entre meios de experimentação e de fabricação |
| | | grau de definição de configurações experimentais |
| | | grau de registro documental |

Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 Opções estratégicas para a experimentação em design

Esta seção apresenta uma tentativa de organizar opções estratégias para a experimentação em design.

Neste sentido parece ser útil pensar em como processos de experimentação poderiam ser estrategicamente alinhados às noções de ‘programa’, ‘processos’ e ‘projetos’, uma vez que estas noções estruturam boa parte da literatura da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços.

De acordo com a PDMA³ (2005, p. 600-03), um 'programa' de desenvolvimento compreende o portfólio de 'projetos' de desenvolvimento. A gestão de 'processo', por sua vez, pode ser descrita como a gestão operacional feita para assegurar "o fluxo ordenado e em tempo de ideias e projetos", enquanto 'projetos' de desenvolvimento consistem em um conjunto de ferramentas, técnicas e processos junto às pessoas envolvidas.

Portanto, a partir desta perspectiva, o 'programa' de desenvolvimento denota todo o conjunto de projetos, enquanto 'projetos' significam uma combinação única de recursos (humanos, financeiros e técnicos) alocados junto às atividades predefinidas em um intervalo de tempo específico.

'Processos' de desenvolvimento, entretanto, parece ser um termo ambíguo que se refere a um modo geral de descrever as ações associadas a todos os projetos, mas, ao mesmo tempo, estes processos padronizados precisam ser particularizados no âmbito de projetos específicos. Como indicado pelo PMI⁴ (2000, p. 3), conhecimentos e práticas de gestão de projeto precisam ser contextualizados em projetos específicos.

Neste contexto, estratégias são usualmente concebidas pela definição de saídas de projetos balanceadas junto ao conjunto de produtos existentes, a gestão de portfólio (VERYZER, 2005; COOPER, EDGETT e KLEINSCHMIDT, 2001).

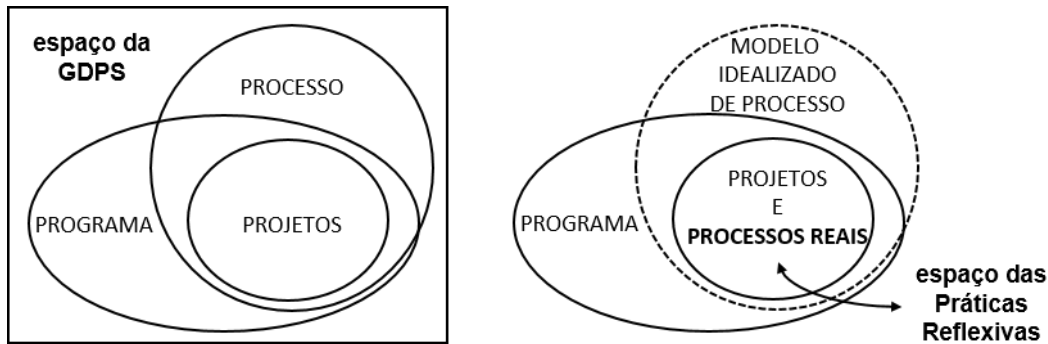
Estas podem não ser as abordagens mais apropriadas para a experimentação em design. Uma vez que a experimentação é ela mesma um processo, a dimensão 'processo' não deve ser negligenciada em formulações estratégicas.

Embora o escopo deste corpo de conhecimentos compreenda os espaços de programas, processos e projetos de desenvolvimento (Figura 6), quando processos de desenvolvimento são compreendidos como um modelo-padrão idealizado, previamente estruturado e formalizado, esta perspectiva se distancia do que de fato acontece nas práticas.

Ao mesmo tempo, ciclos experimentais são compreendidos como resolução de problemas técnicos, excluindo tipos de experimentos que não se adequam a este tipo de racionalidade. Na perspectiva de Schön, "resolução de problemas técnicos é uma descrição radicalmente incompleta" daquilo que profissionais de fato fazem (1983, p. 170).

³ PDMA - *Product Development and Management Association*

⁴ PMI - *Project Management Institute*

Figura 6 – Espaços de ação definidos pela GDPS e pela prática reflexiva

Fonte: elaborado pelo autor.

As práticas reflexivas, por sua vez, são dedicadas a ocupar este espaço aberto e consideram os processos experimentais particularizados no âmbito de situações específicas. Os processos são quase desestruturados, uma vez que são conformados em tempo real, ao longo da experimentação, para atacar situações problemáticas únicas.

Assim, conciliar processos experimentais reflexivos e processos organizacionais estruturados parece ser algo como tentar encaixar um cilindro em um buraco quadrado.

A literatura no âmbito da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços tem suas raízes na racionalidade técnica e em bases científicas e carrega traços positivistas, enquanto a prática reflexiva é enraizada no construtivismo. Duas visões de mundo muito diferentes, que resultam em perspectivas altamente contrastantes para experimentos e para as práticas experimentais.

São teorias construídas a partir de paradigmas teóricos tão diferentes que não podem operar juntas.

Estas divergências parecem ser a causa subjacente ao argumento de Schrage de que gerenciar a prototipagem como um processo metodológico seria uma desilusão (1993, p. 65).

De fato, evidências das dificuldades em conectar práticas experimentais e processos e rotinas organizacionais têm sido destacadas na literatura.

Clark e Wheelwright (1993, p. 676) indicaram que a abordagem técnica tradicional dada à prototipagem reforça a separação entre funções organizacionais como engenharia, design e produção. Esta separação afeta a aprendizagem e a consistência da informação durante o projeto, uma vez que diferentes funções são responsáveis por ciclos de prototipagem nos estágios iniciais e finais de desenvolvimento.

Thomke também apontou algumas evidências destas dificuldades. A simples adoção de novas tecnologias experimentais não é suficiente para assegurar práticas experimentais melhores. Culturas organizacionais, processos, rotinas e interfaces departamentais frequentemente limitam o potencial de novas tecnologias (2003, p. 130).

Um dos principais problemas decorre da incapacidade de aprender a partir de experimentos (THOMKE, 2007, p. 155). Para a organização tradicional, aprender a partir de falhas é algo difícil de gerenciar. Esta dificuldade pode levar a situações nas quais tempo e “recursos são gastos porque problemas idênticos são resolvidos repetidamente, projeto após projeto” (THOMKE, 2003, p. 221).

Ao mesmo tempo, novas tecnologias enriquecem as informações produzidas por experimento. Isto pode romper rotinas estabelecidas e afetar a aprendizagem, uma vez que em processos tradicionais de desenvolvimento os estágios subsequentes de filtrar informações são difíceis mesmo quando há menos quantidade de informações, resultando em sobrecarga informacional (THOMKE, 2007, p. 153).

Constata-se que a experimentação real e processos idealizados têm encontrado problemas em se ajustar um ao outro, na teoria e na prática.

Para resolver esta questão, encontra-se algumas sugestões, teorias incipientes e questões abertas na literatura, brevemente discutidas a seguir.

Sugestões, teorias incipientes e questões abertas

Como alternativa para conciliar experimentação e processos formais, alguns autores sugerem associar ciclos experimentais com estruturas de projetos.

Ulrich e Eppinger (1995) e Clark e Wheelwright (1993) argumentaram que uma vez que ciclos experimentais sejam bem organizados, eles podem ser usados como marcos de projeto, dar ritmo ao desenvolvimento e para acessar o progresso do projeto.

Proponentes das abordagens recentes do *design thinking* também se voltaram para este tema de modo semelhante.

Roger Martin destacou que duas abordagens opostas para fazer frente à complexidade das opções estratégicas – pensamento analítico e pensamento intuitivo – parecem ser “completamente incomensuráveis” e sugeriu uma terceira abordagem, o *design thinking*, que seria capaz de promover um balanço dinâmico entre fatores analíticos e intuitivos (MARTIN, 2009, p. 5-6).

Martin, assim como Tim Brown, sugeriu que enquadrar a experimentação dentro de uma estrutura de projeto seria uma alternativa para lidar com este

desafio de balanceamento. Esta abordagem poderia trazer alguma flexibilidade estrutural, colaboração com reponsabilidades compartilhadas e mesmo funcionar iterativamente, mas também implicaria em assumir um propósito específico compartilhado, um “projeto claramente definido” em um intervalo de tempo (MARTIN, 2009, p. 118-122).

Uma mudança da resolução de problemas para um “projeto bem-definido” em um intervalo de tempo, com restrições e dirigido por objetivos definidos seria vital para sustentar a criatividade (BROWN, 2009, p. 21,75,83). Apesar desta proposição, Brown também reconheceu que uma estrutura marcada por um processo linear, baseado em marcos, levaria a resultados muito diferentes do que um processo experimental iterativo (*Ibid.*, p.17).

Todas estas proposições similares sustentam a perspectiva tradicional de estratégias que vêm ‘de cima’ na hierarquia organizacional e guiam a experimentação pela definição de suas saídas.

Propõe-se que as saídas devam ser predefinidas apenas o suficiente para guiar esforços de desenvolvimento, nem muito abstratas e, portanto, sem direção, nem muito estreitas, de modo que levasses a saídas incrementais (BROWN, 2009, p. 24).

Entretanto, práticas de design são comprometidas em propor o novo, que não poderia ser completamente previsto, o problema não é dado, mas projetado (JONAS, 2007b, p. 1364-65). Processos de design podem ser vistos como uma coevolução de problema e solução (DORST e CROSS, 2001).

Uma vez que com frequência estratégias são formuladas pela definição das saídas do processo de desenvolvimento, o problema parece ser de incompatibilidade teórica novamente. Como poderiam as saídas serem previamente definidas se problema e solução de fato coevoluem na experimentação? Como designers devem proceder se for encontrada uma solução diferente daquela inicialmente pretendida (e.g. encontrar uma possibilidade de ruptura enquanto se atende a uma demanda por derivativos)? A estrutura altamente formalizada de projetos parece reservar pouco espaço para a imprevisibilidade inerente à experimentação em design.

Portanto, as sugestões da gestão de desenvolvimento de produtos e das abordagens recentes de *design thinking* não satisfazem a falta de teorias sobre estratégias de experimentação em design.

De fato, definições estratégicas para saídas do processo podem soar altamente abstratas quando não se dispõe dos instrumentos para guiar as práticas em sua direção. Como Coughlan ressalta:

Gerentes operacionais se encontram desconfortáveis entre objetivos estratégicos e realidades operacionais. Individualmente e coletivamente eles oferecem uma conexão entre alvos comerciais e atividades operacionais como design, desenvolvimento de produtos e manufatura [...] gerentes operacionais constantemente enfrentam a necessidade de relacionar atividades de design e desenvolvimento com as propriedades das saídas desejadas para interpretar as implicações para as operações. (COUGHLAN, 2002, p. 134)

Mesmo quando a resolução de problemas criativa é reconhecida em um nível operacional, suas atividades e decisões têm implicações estratégicas. Entretanto, sem um quadro de referência teórico razoavelmente claro para prover entendimentos básicos, decisões estratégicas junto às práticas operacionais são relegadas a praticantes que não dispõem de um instrumento abstrato para apoiar suas decisões. Assim, estas decisões estratégicas permanecem invisíveis para administradores e teóricos.

Esta discussão aponta para o que parece ter sido a fonte deste problema, ainda não há teorias instrumentais para satisfazer a necessidade de relacionar estratégias organizacionais às práticas experimentais de design.

Thomke apresenta um tipo de teoria incipiente em torno da ideia de um sistema para a experimentação:

Os vários componentes de um sistema para a experimentação todos funcionam de modo interdependente. Como tal, eles precisam ser otimizados de maneira conjunta para que juntos eles definam o desempenho do sistema. (THOMKE, 2007, p. 150)

Sua ideia de um 'sistema de experimentação integrado' poderia ser útil para integrar proposições estratégicas e práticas de experimentação em design.

De fato suas proposições para estratégias de experimentação lidam com a introdução de tecnologias experimentais e com a organização de ciclos de experimentação, como se mostrou anteriormente. Contudo, a ideia de otimização inclui uma saída única, ótima e a exclusão das demais possibilidades.

Além disso, embora interdependências sejam um pressuposto em qualquer perspectiva sistêmica, as interdependências entre construtos estratégicos são praticamente ignoradas pela literatura. As proposições ganham forma em um conjunto de recomendações, como combinar tecnologias novas e tradicionais e organizar para a experimentação rápida.

Thomke ainda tece algumas críticas às organizações tradicionais, como sobre a incapacidade de considerar perdas a partir de custos de oportunidades e sugere que uma busca excessiva pela eficiência "desorienta a experimentação e testes até que pequenos problemas se tornam desastres ou que oportunidades perdidas se tornem ameaças competitivas" (THOMKE, 2003, p. 165,177), mas

suas proposições permanecem atreladas à organização industrial tradicional e marcadas por interesses de eficiência e produtividade.

Outras proposições parecem tentativas ainda mais abstratas de atacar as questões levantadas, tais como saltos de culturas organizacionais tradicionais para outras culturas, ou a sugestão de manter culturas divergentes lado a lado dentro de uma mesma organização, enquanto outros insistem em continuar empurrando decisões estratégicas invisíveis às práticas operacionais em curso.

Há ainda algumas sugestões paliativas, tais como evidências de companhias que encorajam praticantes a gastar parte de seu tempo em experimentos pessoais, portanto, assumindo algum deslocamento das atividades experimentais em relação ao programa formal de desenvolvimento; ou a importação direta de teorias e instrumentos gerenciais para o design e para a experimentação sem reflexões substanciais sobre quais seriam as implicações desta importação.

O que parece ser necessário é uma mudança de perspectiva, partindo das abordagens estabelecidas sobre processos de desenvolvimento para uma abordagem baseada nos processos de experimentação como acontecem de fato nas práticas de design.

Schrage (2000a, p. 64) observou que a maior parte das companhias tem processos de prototipagem formais e culturas de prototipagem informais, isto levaria a uma tensão a ser gerenciada. O autor aponta dois tipos distintos de culturas de inovação: culturas dirigidas por especificações, fortemente baseadas em pesquisa mercadológica e culturas dirigidas pela prototipagem, que constroem protótipos para criar questões e explorar oportunidades (*Ibid.*, 71-77).

Uma abordagem de desenvolvimento orientada pela experimentação exigiria uma mudança da ênfase em experimentos de verificação, assumidos principalmente como testes de hipóteses, para outra que compreenda experimentos exploratórios e de movimento (propositivos), os outros tipos de experimentos identificados pela teoria das práticas reflexivas.

Mais do que isso, designers tomam decisões em um contexto de incerteza, no qual métodos de rotina e processos conhecidos muitas vezes são pouco úteis (MOZOTA, 2003, p. 34) e, como Dorst observou, métodos e ferramentas disponíveis para designers são principalmente baseados em regras, a despeito do fato de que designers tendem a pensar em um modo baseado em padrões, um desencontro a ser resolvido (DORST, 2008, p. 10). São argumentos que reforçam a inaptidão dos métodos em operar com aspectos intuitivos das práticas.

A perspectiva das práticas reflexivas sobre processos de design vê estes processos não apenas como a formulação e realização de uma intenção. Projetar e descobrir são cumulativamente interconectados em processos de design e descobertas inesperadas têm um papel notável nas práticas reflexivas (SCHÖN e WIGGINS, 1992, p. 139,149). Práticas reflexivas lidam bem com práticas intuitivas e descobertas contra-intuitivas, enquanto, ao mesmo tempo, compreendem o pensamento analítico.

Apesar disso, a implementação adequada de uma organização prescrita para o processo de design tem sido tomada como critério para o sucesso do próprio processo, enquanto “um processo mal organizado e pobremente gerenciado pode conduzir a um design excelente” (KROES, 2002, p. 300).

Na experimentação em design, a falta de controle experimental completo (no sentido científico) não é apenas esperada como também é desejável (HALL, 2011, p. 21). Portanto, cabe questionar se estratégias de design poderiam ser adequadas a processos de design pouco estruturados e pobremente controlados.

Bürdek (2010, p. 33), Droz (1992, p. 35) e Schrage (2000a, p. 128) sugeriram a possibilidade de uma abordagem de desenvolvimento na qual protótipos e outros modelos poderiam ser usados para gerar planos, definir estratégias e indicar caminhos para o desenvolvimento. Embora não se tenha explicado como seria uma abordagem como esta.

A partir destas sugestões se pode ver a fonte de problemas sob outro prisma, o da falta de conhecimentos sobre formulações estratégicas dentro das práticas experimentais.

3.5 Repensando opções estratégicas para a experimentação em design

Como se pode observar, a prática reflexiva acomoda bem o caráter imprevisível da experimentação em design e das práticas menos prescritas e menos estruturadas. Entretanto, a prática reflexiva tem seus próprios limites. A teoria não alcança construtos da experimentação como tecnologias para experimentação e artefatos experimentais com muita profundidade, uma vez que enfatiza aspectos cognitivos da prática.

A despeito do fato de que práticas reflexivas podem ser úteis quando se enfrenta “situações sociotécnicas únicas e complexas” (SCHÖN, 1983, p. 203), conhecimentos sobre fatores contextuais típicos em torno das práticas experimentais de design ainda estão a ser explorados.

Além disso, a abordagem teórica das práticas reflexivas é essencialmente descritiva e não instrumental. Como Schön nota, esta corrente teórica se ocupa do “fenômeno experimentado de projetar”, um tipo de “fenomenologia do design” (1992, p. 131). Além disso, o contexto em que as práticas reflexivas são estudadas é o contexto profissional, que não necessariamente compartilha as mesmas características do contexto das práticas em design pós-industrial.

De outro lado, o corpo de conhecimentos da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços é altamente instrumental e prescritivo, mas falta um entendimento sobre as práticas experimentais em design, que vão além da resolução de problemas técnicos e lidam com uma coevolução de problemas e soluções. Apesar desta falta de entendimento, estas teorias prescrevem quadros estruturados e determinísticos para guiar e controlar, mesmo no chamado ‘nível detalhado operacional’ em que se dão as práticas experimentais.

Cabe notar que este corpo de conhecimentos é pensado para o contexto das grandes organizações industriais ou prestadoras de serviços (como a indústria automobilística e instituições do setor financeiro).

Daqui em diante, sugere-se focar em como os construtos da experimentação podem ser adotados em um sentido amplo, que compreenda os aspectos mais relevantes dos processos experimentais situados, bem como as qualidades das práticas reflexivas. Talvez não para otimização e controle, talvez estes construtos sejam estratégicos não apenas para lidar quando se ‘planeja para’ as práticas, mas também para ‘agir com’ durante as práticas de design.

A partir das noções de ‘programa’, ‘processo’ e ‘projeto’ se pode argumentar que no âmbito das práticas de experimentação em design a criação estratégica deveria ser entendida também em uma perspectiva de ‘baixo para cima’ nas hierarquias organizacionais, nos casos em que há divisão hierárquica.

O conjunto de esforços de desenvolvimento não deveria ser entendido apenas como uma coleção de projetos – o programa de desenvolvimento – também devem ser considerados fatores situacionais presentes no contexto das práticas de design. Neste capítulo foram identificadas as ‘tecnologias para experimentação’ disponíveis e variantes do ‘laboratório’ como dois dos fatores situacionais que exercem influência sobre as práticas experimentais e suas saídas.

Para além desta consideração, sugere-se que o nível do processo pode ser considerado de dois modos distintos. Um quadro geral que compreenda os construtos elementares da experimentação poderia ser adotado para o planejamento do processo experimental, assim como nas instâncias

particularizadas dos processos, como eles se dão de fato nas práticas, de modo que se lide mesmo com processos informais e projetos pouco estruturados.

Aproximar estas duas perspectivas, de processo idealizado e processo real, parece ser um desafio ainda a ser resolvido.

A alternativa proposta pelas abordagens recentes de *design thinking* de formalizar a experimentação em estruturas de projetos não parece solucionar a questão.

Uma vez que ao menos ‘tempo’ e ‘saídas’ seriam necessariamente pré-definidos, a estrutura de projeto insere requisitos específicos e qualidades pré-concebidas à projeção. Se a estrutura formal assumida por projetos não for revisada ela terá certamente implicações importantes sobre as práticas experimentais.

Mais do que isso, os objetivos de eficiência e controle, intrínsecos na mentalidade da organização industrial tradicional devem ser repensados.

Há um amplo entendimento de que designers lidam com problemas mal-definidos (e *wicked problems*) em práticas de design, assim sendo, a eficiência, que diz respeito à otimização de recursos empregados para alcançar uma saída pré-definida não é um critério apropriado. Sugere-se que efetividade possa ser um bom substituto para eficiência, ou seja, a capacidade de produzir um efeito real.

Ao mesmo tempo, uma conversação ou um processo dialógico, só pode funcionar porque não é controlado, de outro modo não seria uma conversação (GLANVILLE, 2007b, p. 1195). Assumindo este argumento, sugere-se que flexibilidade seria um objetivo mais apropriado do que controle para processos e práticas de design, dada a variedade de contextos e circunstâncias nos quais eles são conduzidos, a variedade de interesses que estas práticas procuram atender e a própria natureza do processo.

Longe de qualquer pretensão determinística reducionista, sugere-se que os construtos identificados neste capítulo podem ser vistos como elementos úteis para a criação de estratégias para a experimentação em design.

Como a revisão bibliográfica mostrou, há alguns esforços iniciais neste sentido, mas estes esforços não dão conta da ampla gama de possibilidades que podem ser exploradas pela articulação destes construtos.

Além disso, embora esta pesquisa aponte alguns construtos que poderiam ser adotados em proposições estratégicas para experimentos em design, o debate sobre como articular estas opções intra- e inter-experimentos ainda é incipiente. A literatura aponta apenas alguns indícios fragmentados sobre como isto poderia ser feito.

Ainda há muito o que ser feito para esclarecer o potencial de uma abordagem como esta na prática. No curso desta jornada, sugere-se que sejam observadas algumas considerações.

Primeiro, os construtos e variáveis aqui identificados não definem um conjunto completo e fechado. Há, certamente, outros construtos importantes a serem identificados, assim como as variáveis que constituem estes construtos.

Depois, estes construtos devem ser compreendidos de modo relacionado a um número mínimo de categorias, para que aplicações sejam viáveis mesmo quando projetos e processos sejam pouco estruturados. Mas, mesmo na experimentação desestruturada, deve-se considerar ao menos construtos situacionais (que se referem ao contexto) e construtos processuais (relativos ao processo).

Além disso, antes que sejam elaboradas declarações sobre arranjos estratégicos, parece importante que se procure identificar como as práticas experimentais têm sido estrategicamente guiadas, assim como um empenho no sentido de descrever estas estratégias com o auxílio dos construtos da experimentação, o que poderia oferecer um entendimento mais amplo sobre estes construtos e mesmo sobre suas interações.

Estes podem ser caminhos para alcançar uma perspectiva realista para a concepção estratégica 'para' e 'dentro' da experimentação em design, que possa orientar a condução flexível e a realização efetiva, mesmo nas práticas menos estruturadas.

Desde os primeiros episódios de inserção nas indústrias o design tem sido relacionado a diferentes perspectivas estratégicas. Este trabalho tem como objetivo organizar estas diferentes perspectivas, para que a partir de um entendimento amplo se possa apontar direções para a formação de um design estratégico pós-industrial. Para tanto, o corpo teórico relacionado ao tema foi revisado, analisado e brevemente discutido.

Do caráter inerentemente estratégico do design, passando pela formalização do design estratégico e alcançando a ideia de design como competência essencial, diferentes perspectivas para o design estratégico e para estratégias de design foram organizadas. A primeira seção deste capítulo apresenta esta revisão, seguida de uma síntese que coloca em evidência aspectos-chave de cada uma destas perspectivas, bem como seus objetos de formulação estratégica.

A segunda seção apresenta teorias da estratégia ainda pouco exploradas junto ao campo do design. Alguns dos pontos principais das abordagens de estratégias emergentes, capacidades dinâmicas e estratégia como prática são introduzidos. A terceira seção apresenta avanços recentes nas reflexões sobre design estratégico.

Na quarta seção se discute a adequação de convenções e orientações destas múltiplas perspectivas para estratégias de design em contextos deslocados da organização industrial.

Por fim se sugere um caminho em que estratégias de design poderiam ser concebidas pelo tempo e pela experimentação, no qual recursos e competências de design sejam articulados e práticas de design encontrem nesta articulação um instrumento estratégico, adequado mesmo a processos de design pouco estruturados.

4.1 Design estratégico e Estratégias de Design

Esta primeira seção introduz algumas das principais perspectivas que relacionam design e estratégia, de episódios bem conhecidos de inserção do design nas corporações, passando pela perspectiva do design estratégico como é entendido pela literatura da gestão do design e alcançando a ideia de design como competência essencial. Duas perspectivas que tratam de estratégias de design confinadas no próprio processo de design também são introduzidas, uma cognitivista e outra baseada em métodos.

4.1.1 Design corporativo e estratégico

Diferentes experiências de inserção do design no contexto corporativo marcaram a história do design no século passado.

Peter Behrens pode ser considerado o primeiro designer a assumir o papel de gerente de design em uma empresa (FRANZATO, 2010, p. 92). Ainda no início do século XX, Behrens ocupou o cargo de diretor artístico da indústria elétrica AEG, com controle centralizado sobre as manifestações visuais corporativas, como edifícios, produtos industriais e domésticos, material publicitário e exposições (HESKETT, 2008, p. 99; BÜRDEK, 2006, p. 85).

Já na segunda metade do século outros episódios de inserção do design em grandes empresas são recorrentes na literatura: a direção de design e a definição de diretrizes para o design na alemã Braun por Dieter Rams, a instalação de um programa de design na norte-americana IBM e uma orientação de design adotada pela italiana Olivetti, que constituiu sua identidade com estilos e designers diversos, coordenados por Ettore Sottsass (HESKETT, 2008, p. 100; BÜRDEK, 2006, p. 123-25).

Iniciativas como estas redesenharam relações entre cultura de projeto e cultura de empresa, com uma participação mais decisiva do design nas estratégias empresariais (FRANZATO, 2010, p. 91-93).

A capacidade do design de produzir valor econômico foi reconhecida por grandes empresas, corporações que compreenderam que o design poderia não apenas ser operacional, mas também estratégico (LORENZ, 1994, p. 73).

Experiências de inserção do design em grandes empresas, chamadas de 'design corporativo', foram os precedentes para o que veio a ser a 'gestão do design', desenvolvida por Peter Gorb e outros teóricos e praticantes durante as últimas décadas do século XX (MOZOTA, 2003, p. 68; GORB, 2001). Nesta

perspectiva, a gestão do design se apresentou como “a implementação planejada do design em uma companhia para apoiar esta companhia a alcançar seus objetivos” (MOZOTA, 2003, p. 79).

O design, enquanto processo que conecta interesses mercadológicos e o potencial de produção, tem claramente uma dimensão estratégica. Nesse sentido a gestão do design pode contribuir para objetivos estratégicos organizacionais como: assegurar nichos de mercado, sobreviver em setores maduros e competir globalmente (COOPER e PRESS, 1995, p. 112-124).

Assim, as primeiras abordagens de design estratégico ganharam forma e a noção de design estratégico foi associada, ao mesmo tempo, ao contexto corporativo interno, em especial no que diz respeito a diferentes modos de inserção do design nas organizações e ao contexto externo à organização, em especial ao ambiente competitivo.

Desde então perspectivas que colocam o design como atividade de produção de valor que apoia a implementação de uma estratégia empresarial formulada pela alta gerência em grandes empresas se mantiveram dominantes na literatura que trata do design estratégico e da gestão do design⁵.

4.1.2 De atividade estratégica a competência essencial

As diferentes formas do design corporativo na segunda metade do século XX apontaram para o reconhecimento do design como atividade de produção de valor econômico.

Ainda que situadas no nível operacional, ou seja, no conjunto de atividades a princípio consideradas não-estratégicas, práticas de design podem ser entendidas como inerentemente estratégicas, uma vez que mesmo quando confinadas no processo de design, sem que haja influência declarada sobre outros processos e esferas da estrutura organizacional, há ao menos uma busca pela consistência entre as atividades de design e a cultura empresarial (ROSENTHAL, 1992, p. 99) e o decorrente apoio às estratégias organizacionais.

Além disso, com frequência fatores externos à organização são incorporados nos processos reflexivos das práticas em design, sejam tecnológicos, comerciais ou de outra natureza. As proposições de design são pensadas em relação ao contexto em que serão inseridas.

⁵ e.g. HOLSTON, 2011; BEST, 2006; BRUCE e BESSANT, 2002; MOZOTA, 2003; IKEDA, 2008; COOPER e PRESS, 1995.

Como Mozota observa, “Mesmo no nível operacional o design pode ser considerado estratégico uma vez que cria valor para consumidores pela diferenciação percebida no mercado” (1998, p. 28). O design seria então uma atividade estratégica, mesmo que este caráter estratégico não seja declarado.

Pode-se dizer que, assim como Gorb e Dumas (1987) identificaram o fenômeno do ‘design silencioso’ – quando o design é influenciado por ações de pessoas que não estão atentas para o fato de que estão influenciando o design – manter o caráter estratégico do design oculto nas práticas operacionais seria uma forma de ‘design estratégico silencioso’, na qual a influência estratégica do design não é definida de maneira declarada e, portanto, é também pouco compreendida.

É conhecido que uma organização pode ter uma estratégia sem se dar conta dela e, muito menos, torná-la explícita (MINTZBERG, 1998, p. 421). O mesmo pode se dar com o design estratégico.

Dar nome ao ‘design estratégico’ ajuda a chamar a atenção para este aspecto inerente ao processo de design, teorizá-lo e refiná-lo (IKEDA, 2008, p. 375).

O termo ‘design estratégico’ seria então uma redundância necessária, útil para se afirmar o próprio potencial estratégico do design (FRANZATO, 2010, p. 95).

A partir da ênfase em seu caráter estratégico, passa a fazer sentido pensar em um design declaradamente estratégico nas organizações. Para tanto se sugere, por exemplo, a formalização de uma política de design, a definição de objetivos estratégicos de design e a seleção de ferramentas de gestão.

Assim, uma estratégia de design seria formulada pela gerência intermediária de uma empresa para expressar sua visão mercadológica por meio do design de produtos, gráfico e dos ambientes corporativos, enquanto as práticas operacionais de design deveriam contribuir para a realização desta estratégia (COOPER e PRESS, 1995, p. 229-232).

Em um estágio avançado de inserção o design estratégico se concretizaria em uma integração profunda do design na cultura das empresas, com um tipo de infusão do design permeando as organizações (DUMAS e MINTZBERG, 1989; LORENZ, 1994).

Esta seria uma integração entre a cultura empresarial e uma cultura de design, um conjunto articulado de conhecimentos, competências e habilidades que constituem a ação do projetista (FRANZATO, 2010; DESERTI e RIZZO, 2014).

Internamente às organizações o design é entendido como parte de um processo multidisciplinar junto a diferentes áreas da empresa. Nesta participação a articulação de diferentes domínios (ou áreas de especialização) do design é um pressuposto.

De um lado, o design estratégico se apresentou como uma abordagem de projeto transversal às especializações do design – como design de produtos, de serviços ou de comunicações – capaz de levar o design aos níveis estratégicos da empresa (FRANZATO, 2010, p. 95).

De outro lado, interessava a integração com outros processos e áreas empresariais.

A necessidade deste Design Estratégico foi defendida para que os esforços na concepção de produtos, fase consolidada da atuação dos designers, fossem melhor direcionados e para que estes profissionais aumentassem sua articulação e integração nos processos de desenvolvimento de produto dentro ou para as organizações. (MAGALHÃES, 2014, p. 148)

Parte dos esforços para realizar esta perspectiva de design estratégico se valeu da importação de ferramentas e práticas metodológicas da mercadologia (*marketing*) para o design, ao mesmo tempo em que se assumiu uma crescente ênfase analítica nas práticas de design.

A ideia de ‘cadeia de valor’, a representação da produção de valor por um conjunto de atividades encadeadas em uma empresa, por exemplo, foi inserida no centro desta discussão.

Toda empresa é uma coleção de atividades que são desempenhadas para projetar, produzir, comercializar, entregar e dar apoio a seu produto. Todas estas atividades podem ser representadas usando uma cadeia de valor (PORTER, 2004, p. 36)

Ao mesmo tempo, a cadeia de valor de uma firma faz parte de um fluxo maior de atividades que Porter chama de ‘sistema de valor’ e compreende cadeias de valor de fornecedores, da firma e de canais de distribuição conectadas. Assim, “conquistar e sustentar uma vantagem competitiva depende de compreender não apenas a cadeia de valor de uma empresa, mas como a empresa se ajusta no sistema de valor como um todo.” (PORTER, 2004, p. 34)

Um design estratégico em relação ao sistema de valor seria aquele capaz de criar uma visão para todo o sistema de valor, “adicionando valor pela antecipação de mudanças no ambiente da firma” (MOZOTA, 1998, p. 28).

Modelos teórico-instrumentais, como a cadeia de valor de Porter, a matriz de Ansoff (cruza produtos e mercados, existentes e novos), a matriz *SWOT* (organiza forças e fraquezas, ameaças e oportunidades) e estratégias genéricas foram paulatinamente inseridos nas práticas e na produção teórica do design estratégico.

Mozota (2003) e Stevens, Moultrie e Crilly (2008), por exemplo, discutem o design em relação a análises de cinco forças, propõem estratégias genéricas de design a partir das estratégias genéricas de Porter (baseadas em custos e diferenciação) e discutem a integração do design no modelo analítico de cadeia de valor.

Outros autores sugerem a integração entre modelos analíticos do planejamento estratégico e métodos de design (BAXTER, 1998; CHHATPAR, 2008; HOLSTON, 2011). Há ainda aqueles que se empenham no desenvolvimento de métodos e métricas para quantificar o valor do design e, assim, viabilizar análises quantitativas sobre o design corporativo (LOCKWOOD, 2008; ZEC e JACOB, 2010).

Por outro lado, a efetividade destes modelos e instrumentos da estratégia – e mesmo do planejamento estratégico – foi questionada em seu próprio campo de origem, na administração.

O planejamento estratégico revela mais sobre os problemas atuais do que sobre oportunidades futuras [...] com o passo de mudança acelerado nos mais diversos setores da economia, o horizonte previsível é cada vez menor (HAMEL e PRAHALAD, 1989, p. 152).

O planejamento estratégico seria sustentado por pressupostos equivocados de previsibilidade, de que a criação da estratégia poderia ser feita por processos formalizados e sobre uma crença exagerada em análises de dados objetivos isolados da realidade (MINTZBERG, 1994).

A ênfase analítica excessiva, a formalização da estratégia a partir de modelos conceituais e instrumentos criados para o planejamento estratégico teriam o efeito indesejado de limitar oportunidades de inovação.

Abordagens convencionais do planejamento estratégico apresentam problemas conhecidos, como um engessamento da criatividade em decorrência da cientifização da estratégia; a orientação para eficiência administrativa em detrimento de substância; uma ênfase excessiva em números e a dominância de técnicas inapropriadas (LIEDTKA, 2013b, p. 25).

Não é muito confortável pensar que a essência do pensamento ocidental sobre estratégia pode ser reduzida a oito regras para excelência, sete S's, cinco forças competitivas, quatro estágios de ciclo de vida de produto, três estratégias genéricas e incontáveis matrizes dois por dois. (HAMEL e PRAHALAD, 1989, p. 157)

Além disso, o pensamento organizado sobre estruturas hierárquicas organizacionais (e.g. níveis de direção, gerência e operações), determinantes nas teorias e práticas da estratégia, termina por promover uma dicotomia entre a formulação (criação) de estratégias e sua implementação (ação), causando

problemas como a falta de uma visão compartilhada e de envolvimento de funcionários com a estratégia organizacional.

De acordo com a crítica de Hamel e Prahalad, estratégia como ajuste e planejamento estratégico, estratégias genéricas e estratégias baseadas em modelos hierárquicos não seriam tão capazes de alavancar vantagens competitivas quanto uma 'intenção estratégica' consistente, que fosse capaz de orientar ações de curto prazo, de se manter aberta a contribuições individuais e a reinterpretações a partir da emergência de oportunidades.

Esta intenção estratégica é entendida como sinônimo da ideia de visão estratégica, ou seja, uma posição futura desejada para a qual deverão ser direcionados os esforços de uma organização (JOHNSON, SCHOLLES e WHITTINGTON, 2007, p. 49).

A proposição de estratégias centradas na intenção estratégica mais do que no planejamento convencional foi consolidada por Prahalad e Hamel junto à ideia de 'competência essencial'. Uma competência caracterizada pelo potencial de prover acesso a uma ampla variedade de mercados, por contribuir para os benefícios percebidos pelos consumidores e por ser difícil de se substituir ou copiar (PRAHALAD e HAMEL, 1990).

Mozota e Kim defenderam uma transição das perspectivas iniciais do design estratégico baseadas no ajuste ao ambiente competitivo e na integração à cadeia de valor para uma abordagem baseada no entendimento do design como uma competência essencial.

A visão baseada em recursos oferece outro caminho para estratégias de design, um caminho melhor para designers, que requer uma decisão proativa de compreender conhecimentos de design na companhia como uma escolha estratégica e compreender que escolher o design como uma competência essencial é uma força. (MOZOTA e KIM, 2009, p. 68)

A construção do design como competência essencial implica em entender recursos de design como recursos estratégicos.

Por 'recursos' usualmente entende-se recursos humanos, financeiros, materiais e tecnológicos, mas também outros recursos intangíveis⁶ como conhecimentos e habilidades técnicas, que uma vez desenvolvidos e articulados fariam possível uma perspectiva do design como competência essencial.

⁶ são considerados intangíveis os recursos difíceis de visualizar e quantificar.

De acordo com esta perspectiva, o design enquanto competência essencial seria mais orientado para a criação de novos espaços de mercado do que para a competição em mercados existentes⁷ (MOZOTA e KIM, 2009, p. 70).

Uma visão do design como competência essencial seria então uma visão contemporânea e prospectiva de estratégias de design (MOZOTA, 2011, p. 284).

4.1.3 Estratégias de design confinadas no processo

Em seu sentido mais difundido, a estratégia é a orientação para vencer competições. A gestão estratégica visa a obtenção de vantagens competitivas. Entretanto, estratégias também podem ser pensadas como direcionamentos para atividades de uma área específica alcançarem resultados desejáveis.

Nesse sentido, estratégias de design foram consideradas uma alternativa para retirar o design de posições subordinadas à mercadologia ou às engenharias, como observado por Lorenz (1986) e mais recentemente reinterpretado por Verganti (2009).

Ainda assim, estratégias de design são tipicamente pensadas como apoio à realização de estratégias organizacionais pré-formuladas, mais do que como meio para afetá-las e transformá-las. Deste modo, parte das estratégias de design permanece confinada no processo de design. Embora mesmo nestas circunstâncias as saídas do processo de design possam exercer efeitos tardios e não declarados sobre estratégias organizacionais.

Duas perspectivas distintas exploram a ideia de estratégias de design confinadas no processo.

A primeira diz respeito às estratégias de design como orientações para as atividades de design alcançarem seus objetivos, situadas no nível de projetos e não de organizações, entendidas como a definição do curso de ações de um projeto.

O termo 'estratégia de design' significa aqui uma lista de ações tomadas por um designer ou por uma equipe de planejamento, para transformar um conjunto de especificações inicial em um design final (JONES, 1992, p. 75)

Assim, estratégias de design seriam a seleção e o encadeamento de métodos e ações para um projeto que seguiria especificações pré-definidas.

Uma estratégia de design descreve o plano de ação geral para um projeto de design e a sequência das atividades particulares (as táticas ou métodos de design) com as quais o designer ou a equipe de design espera conduzir o plano. (CROSS, 2008, p. 193)

⁷ Mozota e Kim fazem referência à 'estratégia do oceano azul', embora a opção estratégica (novos produtos para novos mercados) tenha sido introduzida ainda em meados da década de 1950 pela matriz de Ansoff.

Esta perspectiva se assemelha a da gestão de projetos (PMI, 2000), embora seja centrada em métodos empregados pelo design, com tendências disciplinares e relativamente independente das práticas de outras áreas.

Em uma outra perspectiva, estratégias internas ao processo de design são compreendidas como modos de fazer operações cognitivas com princípios e precedentes em problemas e conjecturas de design (CROSS, 2011; LAWSON, 2005).

Três aspectos estratégicos chave do pensamento em design parecem ser comuns [...] (1) assumir uma abordagem sistêmica ampla para o problema, mais do que aceitar critérios estreitos para o problema; (2) enquadrar o problema em um modo distinto e algumas vezes pessoal; e (3) projetar a partir de primeiros princípios. (CROSS, 2011, p. 75)

Assim, duas correntes principais exploram estratégias confinadas no processo de design. Uma pode ser chamada de cognitivista, outra, apresenta uma forte ênfase metodológica.

4.1.4 Objetos de formulações estratégicas

As diferentes perspectivas para estratégias de design apresentadas indicam objetos distintos para formulações estratégicas para o design. O Quadro 2 organiza uma comparação entre aspectos-chave destas perspectivas e evidencia os principais objetos de formulação estratégica em design.

A produção teórica relacionada às estratégias confinadas no processo de design é tipicamente desconectada do contexto organizacional e tem como resultados esperados a produção de saídas desejáveis para o processo de design.

As perspectivas cognitivistas sobre práticas de design não se apoiam sobre referências teóricas da administração e têm como objeto de formulação estratégica elementos abstratos e operações cognitivas.

A perspectiva que trata do processo de design como métodos encadeados se relaciona com a produção teórica da gestão de projetos e tem como objeto de formulação estratégica a organização deste encadeamento metodológico e o desenho de um curso de ações para as práticas do design.

As demais abordagens se relacionam com o contexto organizacional.

O design corporativo enfatiza o design enquanto uma função empresarial, uma referência à teoria clássica da administração e ao objetivo imediato de produção de valor. De acordo com esta perspectiva, o objeto de formulação

estratégica é a definição do conjunto de produtos e serviços a serem desenvolvidos e suas características.

Quadro 2 – Estratégias de design: da produção de valor econômico ao design como competência essencial

| | Resultados esperados | Referência teórica na administração | Relação com estruturas organizacionais | Objeto de formulação da estratégia de design |
|---|---|---|---|---|
| Estratégias confinadas no processo de design | Produção de saídas desejáveis para o processo de design | (1) nenhuma para a perspectiva cognitivista; (2) gestão de projetos para a perspectiva metodológica | Tipicamente desconectado | (1) elementos abstratos e operações cognitivas para a perspectiva cognitivista; (2) curso de ações organizado por métodos encadeados |
| Design corporativo | Produção de valor econômico pelo design | Teoria clássica (e.g. Fayol, início do séc. XX) | Design como função empresarial | Imagem da empresa, portfólio de produtos |
| Gestão do design | Obtenção de vantagens competitivas pelo design, apoiar estratégias organizacionais | Estratégias genéricas e cadeia de valor (Porter, 1985 ⁸) Outros modelos analíticos do planejamento estratégico | Departamentos de design, assessorias externas | Formas de inserção do design em estruturas organizacionais e de participação em processos de desenvolvimento multidisciplinares, sistemas produto-serviço |
| Design como competência essencial | Construção do design como competência essencial, orientada mais para a criação de novos mercados do que para competição | Visão baseada em recursos; competências essenciais (Prahalad e Hamel, 1990) | Difusão do design pela estrutura organizacional, influência em processos decisórios | Recursos para o design (tangíveis e intangíveis), inclusive competências tecnológicas e em design |

Fonte: elaborado pelo autor.

As referências ao design estratégico na literatura da gestão do design sugerem a adoção de modelos analíticos para o planejamento estratégico derivados, principalmente, da produção teórica de Porter, ao mesmo tempo em que enfatizam as formas de inserção em estruturas organizacionais, de participação do design em processos multidisciplinares e a caracterização de

⁸ 1985, ano da primeira edição de *Competitive Advantage* (PORTER, 2004).

sistemas produto-serviço com o objetivo duplo de obter vantagens competitivas pelo design e apoiar a realização de estratégias organizacionais.

A perspectiva do design enquanto competência essencial faz referência à visão baseada em recursos da administração e tem como resultado esperado o desenvolvimento de novos produtos e serviços para a criação de novos mercados, mais do que para a competição. Os objetos de formulação estratégica para o design são os próprios recursos dedicados ao design, sejam eles tangíveis (como os recursos financeiros e materiais) ou intangíveis (como os recursos culturais, conhecimentos e habilidades).

As estratégias cognitivas tomam forma e são realizadas em operações abstratas, normalmente observadas nas práticas individuais de design, uma abordagem muito distinta das demais perspectivas que assumem um caráter coletivo para as práticas de design e objetos de formulação estratégica externos ao indivíduo.

Para além da perspectiva cognitivista se observa que ‘processos’, ‘produtos e serviços’ e ‘recursos e competências’ são os construtos que sintetizam objetos de formulação estratégica em design, ainda que eventualmente sejam tratados de modos diferentes pelas distintas perspectivas teóricas.

Em estratégias baseadas em processos, a definição de processos de design ou dos modos de participação do design em processos multidisciplinares orientam as práticas de design. As definições estratégicas são pensadas em relação à organização das práticas de design e sua inserção nas estruturas organizacionais.

Em estratégias de produtos e serviços (e sistemas produto-serviço), características do conjunto de saídas do processo de design, ou, em outras palavras, definições relacionadas aos elementos que constituem e que virão a constituir a identidade corporativa ou organizacional, direcionam as práticas de design. As definições estratégicas destas características são pensadas em relação ao contexto competitivo.

Em estratégias baseadas em recursos a alocação e o desenvolvimento de recursos tangíveis e intangíveis determinam as condições em que as práticas de design acontecem. As definições estratégicas são pensadas em relação à criação de condições para as práticas de design, o design é entendido como competência essencial e sua influência é difundida pela estrutura organizacional.

4.2 Teorias da estratégia ainda pouco exploradas

Algumas teorias da estratégia posteriores à abordagem das competências essenciais ainda são pouco exploradas no campo do design, embora sejam merecedoras de atenção. Entre elas se destacam as perspectivas de estratégias emergentes, capacidades dinâmicas e de estratégia como prática.

4.2.1 Estratégias emergentes e capacidades dinâmicas

Mintzberg apresenta uma tese alternativa ao planejamento estratégico: assim como estratégias podem ser formuladas de modo deliberado, estratégias também podem emergir em resposta a alguma situação. Tem-se então estratégias emergentes e estratégias deliberadas, sendo que para as estratégias emergentes não há necessariamente uma intenção pré-definida (MINTZBERG, 1998, p. 424).

Estratégias emergentes podem ser legitimadas e formalizadas, mas apenas depois de sua criação, ao contrário do que ocorre com o planejamento estratégico que é formalizado desde a sua concepção.

Com o conceito de estratégia emergente se assume que estratégias podem ser criadas, mas também descobertas (MINTZBERG, 1998, p. 432).

A coexistência equilibrada de estratégias deliberadas e emergentes permitiria que as pessoas nos níveis mais baixos da hierarquia de grandes organizações atuassem também como formuladores de estratégias, uma vez que estas estratégias emergem justamente nas práticas operacionais.

O desenvolvimento de uma 'intuição informada' permitiria conciliar o caráter analítico e intuitivo das práticas da estratégia, um movimento que seria essencial para que o valor do design possa ser capturado pelas empresas (LORENZ, 1994, p. 80).

Entre as implicações mais interessantes da ideia de estratégias emergentes está a aceitação de um caráter dinâmico para a estratégia, ou seja, aceitar que estratégias não são permanentes, que podem mudar e ser alteradas durante o tempo.

Outra abordagem que compartilha este pressuposto é a das capacidades dinâmicas, segundo a qual organizações teriam o papel estratégico de integrar e reconfigurar habilidades, recursos e competências em um contexto dinâmico (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997).

Empresas podem adotar um modelo deliberadamente dinâmico para a estratégia, no qual não somente seus produtos e serviços, como também sua

intenção estratégica sejam transformados a partir da exploração de oportunidades.

[... a] renovação estratégica é continuamente, e por vezes não-intencionalmente, estimulada por projetos de desenvolvimento que exploram novas oportunidades de negócios. A alta gerência pode iniciar alguns destes projetos deliberadamente; outros, entretanto, podem emergir espontaneamente, com pessoas experimentando com diferentes combinações ou aplicações de capacidades e tecnologias existentes. (RAVASI e LOJACONO, 2005, p. 54)

Esta não deixaria de ser uma perspectiva do design como competência essencial, baseada na exploração de recursos e competências, embora ao mesmo tempo compartilhe pressupostos das estratégias emergentes em um processo de renovação da intenção estratégica e da filosofia de design de uma organização.

4.2.2 Estratégia como prática

Tradicionalmente a estratégia se preocupa com o desempenho e com a obtenção de vantagens competitivas das firmas. A perspectiva da 'estratégia como prática' envolve um deslocamento de interesses pela recusa em privilegiar a performance da firma em benefício do campo como um todo ou dos praticantes individuais da estratégia (WHITTINGTON, 2004).

Esta perspectiva começa com a proposição de que o valor está nas atividades realizadas em uma organização (JOHNSON, MELIN e WHITTINGTON, 2003). Passam a ter especial importância as atividades reais daqueles que de fato praticam a estratégia. A ideia essencial é que a estratégia é mais do que apenas uma propriedade das organizações, é algo que as pessoas fazem.

Ao mesmo tempo, estas pessoas ainda precisam de ferramentas e habilidades adequadas para realizarem seu trabalho estratégico. Seria inadequado pensar que estratégias simplesmente emergem, portanto caberia o início de uma construção teórica pós-Mintzberg (WHITTINGTON, 2004).

Nesse sentido, a práxis intra-organizacional – aquilo que é de fato realizado dentro das organizações – é marcada pelas práticas extra-organizacionais, as rotinas e comportamentos socialmente compartilhados (WHITTINGTON, 2006, p. 627).

Na perspectiva da estratégia como prática, formulação e implementação estratégica são inseparáveis. Estratégias são formadas em atividades, mais do que formuladas de maneira discreta e abstrata. A configuração criativa das

atividades passa a ser um aspecto central na formação de estratégias em uma conjunção de fatores contextuais, cognitivos e estruturais (REGNÉR, 2008).

Liedtka sugere uma mudança paradigmática do modelo planejado e analítico da estratégia baseada em pensamento para um modelo de estratégias experienciais. Esta abordagem seria adequada ao fato de que estratégias não são completamente formadas na sua implementação, mas sim construídas no tempo e pelas interações com elas. A criação estratégica teria então um caráter experimental e estratégias seriam formadas no engajamento com a prática (LIEDTKA, 2013a, p. 161).

Esta proposta é sustentada com o argumento de Schön de que em muitos campos praticantes usam a experimentação como método básico de resolução de problemas. Assim seria possível cobrir a lacuna existente entre a retórica da estratégia e sua execução, entre conhecer e fazer.

Cabe destacar que não se trata de experimentação em design, mas de experimentação em estratégia.

Nesta abordagem a capacidade de motivar mudanças comportamentais seria ainda maior do que nas abordagens tradicionais, uma vez que “o catalisador que dirige o novo comportamento estratégico no modelo do pensamento é o *objetivo*, enquanto no modelo da experiência é o *desejo*.” (LIEDTKA, 2013a, p. 160).

4.3 Avanços recentes nas reflexões sobre design estratégico

Assim como nos desenvolvimentos teóricos recentes da estratégia como prática, também no design estratégico a forte ênfase inicial na competição empresarial tem cedido lugar para um espectro mais amplo de empreendimentos e organizações, inseridos em contextos não necessariamente competitivos (MERONI, 2008, p. 32).

Mesmo com o deslocamento do objetivo da vantagem competitiva, a noção de ‘estratégia’ permanece associada à produção de valor, embora o ‘valor’ a ser produzido não seja mais apenas econômico.

Com a maturidade da sociedade em rede e o despontar de uma ampla gama de valores que vão além dos objetivos tradicionais corporativos de sobreviver no mercado e obter lucros, existem cada vez mais diversos níveis de design estratégico que podem requerer um quadro mais amplo de entendimento (IKEDA, 2008, p. 376).

Mudanças recentes nas formas de compreender estruturas e dinâmicas sociais não têm passado despercebidas nas reflexões sobre design estratégico.

Perspectivas baseadas na ideia de arranjos em rede têm sido adotadas para fazer frente ao panorama complexo que se apresenta.

A ideia de ‘constelações de valor’, por exemplo, extrapola a produção de valor para além dos sistemas de valor de Porter (organizações, fornecedores e distribuidores), colocando a produção de valor em uma perspectiva de relacionamentos coprodutivos em rede (NORMANN e RAMÍREZ, 1993).

Outras perspectivas baseadas em estruturas em rede, como redes de projeto (FRANZATO, 2011) e redes de relacionamentos entre organizações e designers (CAUTELA e ZURLO, 2011) têm sido observadas como sistemas de criação de valor.

Uma vez que estratégias são inseridas em sistemas de criação de valor, o trabalho estratégico requer a compreensão destes sistemas e de suas interdependências (LIEDTKA, 2013b).

Neste sentido, o design pode ser estratégico ao apoiar um entendimento holístico de sistemas complexos e a criação de uma visão estratégica compartilhada (STEVENS e MOULTRIE, 2011). Em outras palavras, o design estratégico pode ser entendido como “um processo interpretativo, uma ação de produção de sentido a partir do caos” (MERONI, 2008, p. 37).

A interpretação da gestão do design avança pelo reconhecimento de um pluralismo estratégico. Gestão e estratégia em design dizem respeito a um sistema de tensões que compreende, entre outros aspectos, processos formais e informais, controle e descontrolo, centralização e descentralização (CAUTELA e ZURLO, 2011).

Zurlo e Cautela sugerem o reconhecimento e a interpretação de narrativas organizacionais, baseadas em fatores contextuais tecnológicos e mercadológicos. Um aspecto particularmente interessante desta abordagem é o requisito de que os quadros de narrativa sejam ambíguos, de modo que não sejam coercivos, mas ao mesmo tempo, úteis para orientar práticas de design.

A interpretação destes quadros facilitaria elaborações de estratégias de design formadas em relação a um conjunto de fatores associados a processos de design, tais como, características de produtos, métodos, habilidades e conhecimentos (ZURLO e CAUTELA, 2014).

Além disso, as ideias de Morin têm sido adotadas no que diz respeito a abordagens estratégicas dinâmicas e não programáticas: “[...] nós pretendemos assumir a definição de Morin, onde a estratégia não é um programa definido, mas uma série de ações sucessivas [...]” (MERONI, 2008, p. 33).

Para Morin, a ideia de estratégia se opõe à de programa. Enquanto um programa é predeterminado para funcionar em circunstâncias previstas, a estratégia é levada a se modificar no curso das ações e, portanto, deve estar preparada para o novo e o inesperado, “para modificar ou enriquecer sua ação” (MORIN, 2011, p. 90).

4.4 Rumo a um design estratégico pós-industrial

Desde a assimilação do design enquanto atividade de produção de valor econômico, passando pelo design enquanto atividade estratégica e alcançando a perspectiva contemporânea do design como competência essencial, as abordagens mais conhecidas de design estratégico tiveram seu desenrolar no contexto das organizações industriais.

Em uma sociedade pós-industrial despontam outros contextos para as práticas do design, com outros contornos. Muitas formas de design pós-industrial são possíveis, a ênfase no design de serviços no lugar de produtos, o design de artefatos cuja produção independe de estruturas industriais, práticas de design abertas ou que enfatizem a responsabilidade social. Qualquer que seja a abordagem, entretanto, há necessariamente um grau de deslocamento em relação à organização industrial tradicional e seus valores.

Alguns aspectos do design estratégico que tiveram sua importância convencionalizada começam a perder sentido em contextos pós-industriais, como a preocupação com as formas de inserção do design nas estruturas hierárquicas organizacionais, o objetivo recorrente de apoiar ou informar uma estratégia empresarial e mesmo a primazia da imagem corporativa.

Outros aspectos, entretanto, como as articulações intra e interdisciplinares e, em especial a ideia de design como competência essencial, parecem promissores para a formação de um design estratégico pós-industrial.

Assim, a abordagem contemporânea do design como competência essencial, teorias da estratégia pouco exploradas junto ao campo do design e avanços recentes do design estratégico são as abordagens que mais se alinham com os interesses desta pesquisa.

Estas abordagens, posteriores ao paradigma dominante do planejamento estratégico, reduzem o descompasso entre formulação estratégica planejada e a realidade operacional da estratégia.

Nesse sentido, uma pluralidade de entendimentos é revelada e se percebe uma certa recorrência de aspectos-chave. A fim de evidenciar similaridades e

particularidades entre as abordagens e, ao mesmo tempo, esclarecer eventuais equívocos de interpretação que possam ter sido produzidos pela recorrência de argumentos, as características principais de cada abordagem foram organizadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Aspectos-chave das abordagens estratégicas posteriores ao paradigma dominante do planejamento

| Aspectos-chave | Intenção estratégica aberta | Ausência de intenção estratégica pré-definida | Descoberta de estratégias | Dinamismo estratégico | Configuração de recursos | Produção da estratégia nas práticas operacionais | Deslocamento do objetivo de obtenção de vantagem competitiva | Abordagem experimental em relação à estratégia |
|--|-----------------------------|---|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--|--|--|
| Abordagens | | | | | | | | |
| Competência essencial | X | | | X | X | | | |
| Estratégias emergentes | | X | X | X | | X | | |
| Capacidades dinâmicas | | | | X | X | | | X |
| Estratégia como prática | | | | | | X | X | X |
| Avanços recentes do design estratégico | | | | X | X | | X | |

Legenda: X – indica presença do aspecto-chave na abordagem.

Fonte: elaborado pelo autor.

Algumas direções possíveis para a formação de um design estratégico pós-industrial podem ser apontadas, outras, repensadas para operar neste contexto.

De fato, a referência às estruturas hierárquicas verticais perde sentido, tanto no que diz respeito aos níveis de direção, gerência e operações, como nas interpretações de dinâmicas estratégicas como ‘de cima para baixo’ ou ‘de baixo para cima’.

O mesmo acontece com as formas de inserção do design junto às estruturas organizacionais, como a departamentalização ou especialização horizontal. Apesar disso, o ponto alto desta inserção – a difusão do design nas organizações – pode ser explorado nas práticas coletivas de design, em especial se reinterpretado não apenas como um entendimento difundido do valor do design,

mas como um ganho de consciência sobre as práticas de design correntes, uma situação diametralmente oposta ao ‘design silencioso’.

O objetivo de obtenção de vantagem competitiva, recorrente nas teorias da estratégia, perde seu lugar privilegiado, uma vez que a criação de ofertas (produtos ou serviços) seria direcionada para nichos de mercado, situação que não envolve competição intensa, para a criação de novos mercados ou mesmo para contextos não comerciais (como a produção para uso próprio), portanto, livres da competição mercadológica. Como Ikeda notou, a produção de valor não é apenas econômica.

Nesse sentido se pode aproveitar a orientação das estratégias confinadas em processos de design, não para vencer competições, mas para alcançar resultados desejáveis. Ou mesmo a sugestão das elaborações teóricas da estratégia como prática, voltadas para os interesses do campo e dos indivíduos que praticam a estratégia.

Para que seja efetivo no contexto pós-industrial das práticas de design será preciso que o design estratégico faça uma transição que parte do contexto organizacional corporativo para grupos de indivíduos ou ainda para redes de indivíduos, das práticas excessivamente analíticas e prescritivas para abordagens capazes de acomodar também práticas intuitivas e mais propositivas do que prescritivas.

O excesso analítico do planejamento impõe um distanciamento do dinamismo e da complexidade da realidade, uma vez que dados estáticos isolados são falhos em representá-la e que os métodos não são capazes de cooptar a pluralidade de parâmetros importantes merecedores de consideração.

O caráter dinâmico e não programático da estratégia de Morin, inserido nas discussões recentes do design estratégico, se alinha com teorias da estratégia ainda pouco exploradas no campo do design. À exceção da estratégia como prática, todas as demais abordagens apresentam o dinamismo de estratégias como um aspecto-chave.

Ao mesmo tempo, dinamismo e complexidade colocam em questão as prescrições que são as saídas típicas da formulação estratégica (como a caracterização pré-concebida de sistemas produtos-serviço).

Alternativamente se propõe que proposições estratégicas sejam continuamente elaboradas e testadas, de modo que ao mesmo tempo orientem as práticas em curso rumo a resultados desejáveis e causem impacto em formulações estratégicas posteriores.

A ideia de articulação e desenvolvimento de recursos de design se mostra independente do contexto organizacional industrial, uma vez que a prática necessariamente se vincula e depende, em maior ou menor grau, destes recursos, mesmo em processos de design pouco formalizados e com pouca (ou nenhuma) estrutura metodológica.

Das reflexões recentes sobre design estratégico, as perspectivas em rede auxiliam a interpretação de sistemas complexos e a produção de sentido subsequente.

Se por um lado estratégias podem existir mesmo que não haja uma intenção clara e deliberada, a abertura para descobrir estratégias implica na possibilidade de revelação de arranjos de recursos formados na prática.

Sob outro prisma, a concepção de estratégias durante a prática ainda aponta para a carência de referencial instrumental. Nesse sentido a articulação de recursos e competências de design emerge como alternativa para um design estratégico pós-industrial.

As abordagens de competências essenciais, capacidades dinâmicas e avanços recentes nas reflexões em design estratégico apresentam a configuração de recursos como alternativa para a formulação estratégica.

Esta alternativa é reforçada pela articulação dinâmica de recursos. O dinamismo estratégico é uma das características compartilhadas por estas perspectivas.

Contudo, nenhuma delas tem como característica a produção da estratégia nas práticas operacionais, um aspecto que seria fundamental para a ideia de concepção estratégica na experimentação em design. A abordagem de estratégia como prática, por sua vez, não sugere a configuração de recursos.

Ao mesmo tempo, uma abordagem experimental em relação à estratégia é considerada pela perspectiva das capacidades dinâmicas e da estratégia como prática. Cabe deixar claro que o descritor 'experimental' nestas abordagens sobre estratégia, diz respeito estritamente à experimentação com estratégias e não com artefatos desenvolvidos com o auxílio de tecnologias pela condução de experimentos. Não se trata da experimentação em design.

Assim, não se encontra na literatura uma perspectiva que reúna a proposta de concepção estratégica ao longo da prática e, ao mesmo tempo, pela configuração de recursos e competências. Propõe-se esta união como base para a produção teórica sobre estratégia subsequente nesta tese.

Todos os demais aspectos das estratégias pós-planejamento evidenciados nesta síntese podem ser parte de abordagens em design estratégico pós-

industrial, entretanto, a configuração de recursos e competências, assim como a produção de estratégias na prática, são premissas assumidas para a um design estratégico pós-industrial baseado na experimentação (Quadro 4).

Quadro 4 – Aspectos-chave da abordagem estratégica proposta nesta tese

| Aspectos-chave | Intenção estratégica aberta | Ausência de intenção estratégica pré-definida | Descoberta de estratégias | Dinamismo estratégico | Configuração de recursos | Produção da estratégia nas práticas operacionais | Deslocamento do objetivo de obtenção de vantagem competitiva | Abordagem experimental em relação à estratégia |
|--|-----------------------------|---|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--|--|--|
| Abordagem proposta | | | | | | | | |
| Design estratégico pós-industrial baseado na experimentação | O | O | O | O | E | E | O | O |

Legenda:

E – aspectos essenciais para a abordagem

O – aspectos opcionais, que podem ser incluídos mas não são requisitos

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma abordagem de estratégia como configuração de recursos para a experimentação produzida nas práticas operacionais e, portanto, pela experimentação, é uma proposta original deste trabalho.

Assim se teria um caminho no qual estratégias poderiam ser concebidas pelo tempo e pela experimentação, em que formulação e implementação seriam inseparáveis e, orientações estratégicas não-coercivas seriam adequadas mesmo a processos pouco estruturados.

Permanece subjacente a muitas das perspectivas sobre design e estratégia a ideia de sistema. Quando se enfatiza o processo de design esta constatação é ainda mais proeminente. Dificilmente uma construção teórica sobre o processo de design consegue evitar uma perspectiva sistêmica (JONAS, 2001). Mesmo problemas e soluções tendem a ser entendidos e explorados pelo design como possibilidades sistêmicas (OWEN, 2007).

Propõe-se um caminho no qual recursos e competências de design sejam articulados e, uma vez interconectados, disponibilizem possibilidades e restrições para o design decorrentes deste conjunto particular de elementos e de suas

interdependências, ao mesmo tempo em que este próprio conjunto de recursos passa a ser objeto das práticas de design, necessariamente estratégicas, já que seriam voltadas para interesses dos experimentadores, para a obtenção de resultados desejáveis e eventualmente mesmo para os interesses do campo do design.

Desvendar em maior profundidade como seria e como poderia funcionar um design estratégico como este, pós-industrial e baseado na experimentação, adequado ao cenário da autoprodução, requer: um entendimento das implicações do advento da descentralização dos meios de produção e de experimentação pela difusão tecnológica recente; uma caracterização dos recursos e competências para o design pós-industrial, que podem ser explorados em um quadro de referência para a experimentação atualizado; e, finalmente, entendimentos acerca de como um quadro de referência como este pode ser utilizado. Estes temas são tratados nos próximos capítulos deste trabalho.

5

Tecnologias para a Experimentação em Design Pós-Industrial

Nos primeiros capítulos desta tese foi introduzida a ideia de que o advento de uma crescente disponibilidade tecnológica é um dos marcos da sociedade pós-industrial no século XXI.

Este fenômeno tem aproximado amadores e designers de meios de produção e aberto caminho para que estes meios possam ser explorados, também, como meios de experimentação em um cenário contemporâneo de autoprodução.

Posteriormente, as tecnologias para a experimentação foram apontadas como um dos construtos fundamentais da experimentação em design.

Assumidas como um recurso essencial para a prática experimental, estas tecnologias passam a ser entendidas como um dos recursos estratégicos para o design pós-industrial.

Torna-se evidente que as tecnologias para experimentação são um tema recorrente e caro a este trabalho, uma vez que marcam a sociedade pós-industrial e são elemento fundamental para a experimentação em design e suas estratégias.

Dada a importância do tema, este capítulo tem como objetivo identificar e caracterizar os principais eixos desta nova disponibilidade tecnológica para a experimentação em design, bem como colocar em evidência alguns dos efeitos e implicações desta mudança no panorama tecnológico sobre as práticas de design.

5.1 A emergência de uma nova disponibilidade tecnológica

As principais tecnologias de experimentação para o design pós-industrial encontram suas raízes em três invenções de meados do século XX: o controle computadorizado de máquinas, o circuito integrado (chip) e o *sketchpad*, sistema precursor dos programas CAD.

Os esforços de desenvolvimento tecnológico que partiram destas invenções alcançaram a fabricação digital, plataformas de prototipagem em eletrônica digital e sistemas de design paramétrico e generativo.

A emergência destas tecnologias não representa apenas avanços técnicos, mas também um aumento da disponibilidade destas tecnologias e uma crescente facilidade de acesso e de uso destes meios de produção e de experimentação.

Estas tecnologias se difundiram para além das fábricas e dos primeiros grupos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico experimental. A difusão alcançou pequenos escritórios, residências e indivíduos, seja pela propriedade dos equipamentos, pela possibilidade de produção sob encomenda por prestadores de serviço ou por *hubs* de produção, ou mesmo pela disponibilidade de acesso livre a tecnologias imateriais (programas).

Nas próximas seções deste capítulo, três eixos desta nova disponibilidade tecnológica são apresentados em termos de suas origens, das características que os definem e de seus efeitos e implicações para as práticas de design: a fabricação digital, as interfaces físicas com computação embarcada e o design paramétrico e generativo.

5.1.1 Fabricação digital

A fabricação digital consiste na construção de artefatos físicos pela transformação material a partir de dados digitais.

As impressoras 3D (manufatura aditiva por extrusão, fusão, sinterização ou cura de resinas) representam, sem dúvida, as perspectivas de avanço e impactos mais expressivos da fabricação digital.

Ao que tudo indica, entretanto, a difusão de outras tecnologias de fabricação digital tem sido ainda maior. Os primeiros *Fab Labs*, por exemplo, não contavam com impressoras 3D, embora devessem necessariamente dispor de *plotters* de recorte (GERSHENFELD, 2005, p. 12; FAB FOUNDATION, 2015); e as máquinas de corte a laser são consideradas “o verdadeiro cavalo de carga do movimento *maker*” (ANDERSON, 2012, p. 109).

As tecnologias mais comuns de fabricação digital podem ser entendidas em três grupos: os equipamentos de corte em duas dimensões, como as máquinas de corte a laser; equipamentos subtrativos, que retiram material, como as fresas; e os equipamentos de manufatura aditiva, as impressoras 3D.

Em comum, todos podem ser entendidos como equipamentos CNC (de controle numérico computadorizado) e tecnologias destes três grupos contam com versões reduzidas de equipamentos similares encontrados em ambientes de produção industrial (SASS e OXMAN, 2006, p. 329).

Embora as primeiras máquinas de fabricação controlada por computador tenham sido criadas ainda em meados do século XX e as primeiras tecnologias de impressão 3D tenham sido inventadas ainda na década de 1980, uma difusão ampla das tecnologias de fabricação digital começa a acontecer, de fato, apenas nos primeiros anos deste século XXI.

A título de exemplo cabe citar que a primeira impressora 3D de mesa⁹ foi lançada em 2007, além disso, os artefatos impressos em 3D só começaram a ter qualidade suficiente para que fossem entendidos como produtos por volta de 2003 (ANTONELLI, 2011).

Assim, as tecnologias de fabricação digital não representam exatamente novas tecnologias, o que há de realmente novo é a crescente disponibilidade destas tecnologias, obviamente acompanhada de melhorias técnicas incorporadas nestas últimas décadas.

Como Schrage (2000a, p. 83) anteviu, a redução da complexidade e dos custos dos processos de impressão 3D estão de fato transformando a prototipagem física, assim como a publicação *desktop*¹⁰ ampliou possibilidades e oportunidades para o design gráfico. De maneira análoga, a introdução da fabricação digital *desktop* começa a exercer seus efeitos para o design de produtos.

O termo 'prototipagem rápida' tem sido usado não apenas para descrever a construção de modelos rápidos de baixa fidelidade (*quick-and-dirty prototyping*), mas também para descrever tecnologias que criam modelos físicos a partir de dados digitais (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010; VOLPATO, 2007).

Embora as tecnologias de impressão 3D tenham sido associadas à produção amadora de pequenos objetos em baixa resolução, muitas vezes únicos, estas tecnologias também são usadas na produção direta de produtos ou componentes finais (HOPKINSON, HAGUE e DICKENS, 2006). Avanços significativos de precisão e de qualidade de materiais têm catapultado estas tecnologias para testes, ferramental, produção e outros âmbitos que estão além da definição de protótipo (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010, p. 8).

De certo modo, cada objeto impresso é, ao mesmo tempo, um protótipo e um elemento (produto) de uma série diversificada (ANTONELLI, 2011).

⁹ RepRap. Disponível em: <http://reprap.org/wiki/RepRap_history>. Acesso em 19 abr. 2016.

¹⁰ Equipamentos de mesa, ou de bancada, assim considerados em função da redução dimensional, da redução da complexidade operacional e da crescente facilidade de acesso a estas tecnologias.

Por estes motivos tem havido um consenso crescente em relação à adoção do termo ‘manufatura aditiva’ em substituição a ‘prototipagem rápida’ para descrever estas tecnologias.

A maior parte destas tecnologias são sistemas de produção por deposição de camadas de materiais, criadas de modo subsequente para a construção dos artefatos físicos, em alguns dos casos por deposição de material, em outros pela sinterização ou fotopolimerização de material em pó ou em estado líquido.

Embora processos produtivos tradicionais também possam ser feitos por adição de material, a impressão 3D é um processo automatizado, que dispensa moldes e ferramentas, com participação mínima do operador durante o processo de construção (VOLPATO, 2007).

As tecnologias de impressão 3D propiciam versatilidade de produção sem precedentes. Uma revisão de entendimentos¹¹ a respeito dessa versatilidade indica descritores como:

- a) Complexidade formal relativamente livre, permitindo a construção de peças com geometrias complexas como cavidades, câmaras e com a dispensa da necessidade de ângulos de saída para moldes, sem que haja diferença relevante de tempo ou custo de produção;
- b) variedade dos artefatos produzidos em um mesmo ciclo de produção também não impacta custos, viabilizando a customização em massa;
- c) não há necessidade de ferramental, ajustes e configurações iniciais (*set-ups*) complexos, com passos do processo de produção reduzidos, e ainda, frequentemente com pouco ou nenhum trabalho pós-produção;
- d) algumas tecnologias de impressão 3D propiciam a construção de conjuntos montados em apenas um ciclo de produção, seguida da remoção simples de excesso de material;
- e) a abertura para a produção de formas complexas propicia a construção de peças consolidadas, ou seja, peças que em processos de fabricação tradicionais precisariam ser um conjunto montado de partes produzidas separadamente podem ser sintetizadas em uma geometria complexa única, cuja produção é viabilizada pelas tecnologias de impressão 3D;
- f) finalmente, a produção multimaterial; de maneira análoga aos sistemas de dupla injeção, algumas tecnologias de impressão 3D permitem a utilização de mais de um material em um mesmo ciclo de produção.

¹¹ Sintetizado a partir de GERSHENFELD, 2005; HOPKINSON, HAGUE e DICKENS, 2006; GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010; LIPSON e KURMAN, 2013.

Assim, um objeto pode ser construído com propriedades físicas distintas agregadas, sejam óticas (transparência e opacidade), mecânicas (rigidez e flexibilidade) ou elétricas (materiais condutivos e isolantes).

Em um contexto de fabricação digital, a produção em pequenos lotes faz sentido. As tecnologias de manufatura aditiva elevaram esta ideia a um novo patamar, o da customização em massa.

A ideia de ‘pequenos lotes’ na produção industrial tradicional é um paradoxo, dados os custos iniciais altos; de outro lado, as tecnologias de impressão 3D combinam precisão digital e replicabilidade do chão de fábrica com liberdade de design só comparável à do artesanato (LIPSON e KURMAN, 2013, p. 25-27).

A dispensa de moldes na produção digital direta implica na redução de boa parte dos custos e do tempo que antecedem o primeiro ciclo de produção. Estes fatores, associados à redução dos recursos humanos necessários para fabricação reduzem riscos de lançamento de novos produtos e tornam possível a produção rápida e econômica em lotes pequenos e médios (HOPKINSON, HAGUE e DICKENS, 2006, p. 171).

Estas tecnologias alteram a própria noção de ‘lote’. Uma vez que a variabilidade de produtos por si não gera impactos sobre a produção, a customização em massa passa a ser uma possibilidade real¹² e os lotes de produção passam a ser definidos mais pelo conjunto qualitativo de produtos agregados em cada ciclo de produção do que apenas pela quantidade de produtos produzidos.

Assim, o ‘lote’ pode ser determinado pelo momento no tempo em que foi feito um conjunto de demandas agrupadas, ou pela localização geográfica de demandas, por exemplo.

Sistemas dedicados e distribuídos de fabricação

Outras possibilidades emergem da articulação das tecnologias de fabricação digital em sistemas.

A disponibilidade de um conjunto de tecnologias permite uma variedade de combinações entre estas máquinas em cada projeto desenvolvido ou construído.

Estas combinações podem se dar ainda entre tecnologias de fabricação tradicional e digital.

¹² Gibson, Rosen e Stucker (2010, p. 371) citam um caso real em que se produz por estereolitografia até 4000 invólucros de aparelhos auditivos customizados individualmente em apenas um ciclo de produção.

Partes e componentes industrializados podem ser inseridos na forma de insertos durante a fabricação digital. Assim, componentes metálicos de fixação ou outros componentes mecânicos, como rolamentos, que têm desempenho mecânico ainda não comparável aos similares produzidos por impressão 3D podem ser empregados no artefato produzido.

Componentes industrializados, não apenas mecânicos, como elétricos e eletrônicos, podem ser acrescentados em montagens após a construção, assim como nos processos tradicionais de produção.

Ao mesmo tempo, componentes de geometria complexa podem ser produzidos pela fabricação digital, libertando o designer das limitações dos componentes industriais padronizados.

Outras possibilidades de integração estão na confecção de modelos-matriz para construção de moldes por processos tradicionais, ou mesmo na construção de moldes-protótipo, que podem ser usados com ferramentas porta-molde para a produção em equipamentos tradicionais (VOLPATO, 2007, p. 163-65).

Combinações entre tecnologias de fabricação digital abrem ainda possibilidades que estão além da construção de artefatos e favorecem, por exemplo, formas mais efetivas de colaboração entre laboratórios do que as tecnologias analógicas.

Para se qualificar como um *Fab Lab* – o tipo de espaço compartilhado de fabricação digital provavelmente mais conhecido na atualidade – um laboratório deve dispor de um conjunto mínimo de tecnologias, que compreende uma máquina de corte a laser, uma fresadora CNC, um *plotter* de recorte e ainda uma bancada de eletrônica para prototipagem de circuitos e programação de microcontroladores (FAB FOUNDATION, 2015).

A ideia por trás da opção por um conjunto mínimo de tecnologias compulsório para que um laboratório seja reconhecido é a de que os laboratórios possam compartilhar conhecimentos, projetos e colaborar através de fronteiras internacionais sem que haja barreiras técnicas de produção.

Para além das tecnologias dedicadas à transformação de materiais, três outros grupos de tecnologias ainda se destacam nestes sistemas: as tecnologias de captura da forma tridimensional; os programas de modelagem digital tridimensional; e os periféricos hápticos para interações humano-computador.

As tecnologias de captura da forma tridimensional variam de *softwares* que processam fotografias digitais em nuvem aos equipamentos de diagnóstico por imagem não invasivo (tomografia computadorizada, ultrassonografia e

ressonância magnética), passando por *scanners* tridimensionais de mesa e outros voltados para o uso industrial e o controle dimensional.

A integração destas tecnologias em sistemas de fabricação digital tem produzido resultados surpreendentes em projetos de pesquisa em áreas diversas, tais como a arqueologia, a paleontologia, a medicina, o design e as artes (LOPES, *et al.*, 2013).

Os programas de modelagem digital tridimensional, embora sejam tecnologias essenciais nestes sistemas, têm representado mais um gargalo para o desenvolvimento e a produção do que servido efetivamente como sistemas de apoio ao design.

Estes programas ainda não se adequaram à gama de possibilidades abertas pelas tecnologias de impressão 3D, que propiciam muito mais possibilidades construtivas do que os programas tipicamente suportam.

O relacionamento entre impressão 3D e programas de modelagem tridimensional tem sido unilateral. A impressão 3D se desenvolveu sobre programas de modelagem. Contudo os programas de modelagem não se desenvolveram em função da impressão 3D. (LIPSON e KURMAN, 2013, p. 91)

Os programas CAD baseados em modelagem de sólidos apresentam várias limitações quando inseridos em sistemas de fabricação digital, em especial dificuldades em permitir construções geometricamente complexas, com centenas ou milhares de variações formais (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010, p. 301).

Adiante, neste capítulo, serão apresentados os sistemas paramétricos e generativos, que introduzem alternativas a esta limitação.

Finalmente, periféricos físicos de modelagem digital, como periféricos hápticos, que propiciam uma interface tátil entre usuário e computador, previsivelmente proporcionam interações mais ricas na criação de modelos tridimensionais quando comparados aos periféricos usuais (e.g. teclado e mouse).

Estas tecnologias, entre outras, podem ser adotadas em sistemas dedicados de fabricação digital, entretanto, algumas das mudanças mais substanciais introduzidas pela fabricação digital decorrem da transferência e compartilhamento de arquivos digitais, que abre possibilidades até então impensadas para produção e distribuição, como a produção distribuída.

A fabricação digital insere o questionamento das razões fundamentais para a centralização das atividades produtivas e de desenvolvimento de produtos, que passam a poder ser distribuídas independentemente da localização espacial-geográfica (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010, p. 437).

Os sistemas de produção interconectados pela internet – *hubs* de fabricação digital – têm se apresentado como alternativa para a produção em massa, em especial para a produção em baixa escala ou para a customização em massa.

A possibilidade de transportar equipamentos de produção para localidades remotas permite a produção em campo de peças de reposição, e ainda, abre-se a possibilidade de produção no ponto da demanda, ou seja, neste cenário a distribuição de produtos é desmaterializada, eliminando estoques e tornando possível um *just-in-time* verdadeiro (HOPKINSON, HAGUE e DICKENS, 2006, p. 162-65).

Outros modelos de produção distribuída são oferecidos por empresas que oferecem serviços de fabricação digital. Em alguns casos estes modelos compreendem não somente a fabricação como também oferecem a opção de comercialização *online* dos objetos com alcance internacional¹³.

Há ainda um outro modelo, que conecta a capacidade ociosa de equipamentos de pessoas físicas, fazendo com que esta capacidade seja acessível como um serviço para terceiros¹⁴.

Ao menos em teoria estes sistemas de fabricação devem estimular inovações de produtos, se não pela ampliação da gama de artefatos factíveis, presumivelmente pela crescente disponibilidade de acesso a estas tecnologias.

Inovações despontam em profusão na indústria de *software* porque o custo de entrada é menor no mundo virtual do que no mundo físico, de maneira análoga, os *hubs* de fabricação digital deverão impulsionar a inovação de produtos físicos (LIPSON e KURMAN, 2013, p. 47).

5.1.2 Interfaces físicas com computação embarcada

Em 1959 foi lançada uma nova tecnologia que viria a transformar profundamente os artefatos materiais e a sociedade: o chip.

Tipicamente o silício é purificado para a fabricação de transistores, mas se tratado com certas impurezas pode ser usado como material condutor, se modelado e tratado de outra maneira, funciona como um resistor. Diferentes tratamentos levam a funções diferentes do material. Se as diversas partes de um circuito podem ser feitas de um mesmo material, elas podem ser fabricadas em um sólido monolítico (KAPLAN, 2009, p. 79).

¹³ O modelo de produção distribuída de uma destas empresas, consultada durante a condução desta pesquisa, oferece serviços de impressão 3D para mais de cem países.

¹⁴ e.g. 3D Hubs, fundada em 2013 conta com mais de 28.500 impressoras 3D, distribuídas entre mais de 150 países. Disponível em: <www.3dhubs.com/trends>. Acesso em 19 abr. 2016.

Jack Kilb, laureado com o prêmio Nobel de física em 2000, é conhecido como o inventor desta tecnologia, conhecida como circuito integrado.

Ao fazer todas as partes a partir de um mesmo bloco de material e adicionar o metal necessário para conectá-las na forma de uma camada, não havia mais a necessidade de componentes individuais discretos. Fios e componentes não precisavam mais ser montados manualmente. Os circuitos poderiam ser fabricados menores e o processo produtivo poderia ser automatizado. (NOBEL MEDIA, 2003)

Antes dos circuitos integrados nossos relógios eram analógicos, controles remotos tinham poucos comandos (ou fios) e, talvez o mais importante, não havia o que entendemos metaforicamente como o 'cérebro' do computador: o microprocessador.

O que se seguiu à invenção foi o que previu a lei de Moore: a densidade de transistores em cada chip cresceu exponencialmente, enquanto o custo se manteve constante.

A previsão de Moore se concretizou acompanhada de um efeito secundário que recebeu menos atenção. Como o preço de microprocessadores de ponta se mantém estável mesmo com imensos incrementos de desempenho, microprocessadores que não são mais considerados tecnologias de ponta – mas que apresentam grande capacidade de processamento – são cada vez mais acessíveis (KUNIAVSKY, 2010, p. 5-8).

Um exemplo concreto deste efeito são os processadores ATTiny, que apresentam a mesma velocidade de processamento de um processador de computador da década de 1990, embora custem centavos, consumam muito menos energia e sejam muito menores (*Ibid.*).

Estes três fatores, redução de custo acompanhada de redução dimensional e de incremento de desempenho favoreceram aplicações de microprocessadores em sistemas computacionais embarcados, pequenos computadores de propósito específico.

Estima-se que apenas cerca de 2% dos bilhões de processadores fabricados anualmente são usados em computadores. Mais de 95% dos processadores operam em sistemas embarcados em relógios digitais, televisões, automóveis, aparelhos de telefonia e em muitos outros produtos (BARR e MASSA, 2006, p. xiv).

Sistemas embarcados estão tão presentes no nosso entorno que se criou o termo 'ubicomputing', ou computação ubíqua, para descrever este fenômeno, em outras palavras, computadores estão em toda parte.

A ubiquidade computacional supõe que os computadores serão de tal maneira integrados aos ambientes que sequer perceberemos que os estamos usando (PREECE, ROGERS e SHARP, 2005, p. 79).

Os primeiros fabricantes industriais de chips desenvolveram, além de chips padronizados, circuitos customizados direcionados a demandas específicas de grandes clientes. Esta prática ainda é adotada em casos específicos, entretanto o custo de um protótipo é muito caro e restrito a demandas de grandes volumes (THOMKE, 2003, p. 67).

Alternativamente à customização na fábrica, tecnologias programáveis foram desenvolvidas de modo que engenheiros pudessem reprogramar um chip fora da fábrica.

Assim, o processo de desenvolvimento de aplicações específicas passou para as mãos das empresas compradoras de chips, enquanto os fornecedores passaram a dedicar esforços no desenvolvimento dos chips programáveis e de plataformas de desenvolvimento (*toolkits*), promovendo uma queda substancial nos custos e no tempo de desenvolvimento de aplicações específicas (*Ibid.*, p.70).

Deste modo surge no setor de circuitos integrados a abordagem de criar ferramentas de desenvolvimento e por meio delas transferir parte do processo de projeto para clientes (VON HIPPEL, 2001, p. 247).

O propósito por trás desta abordagem é minimizar custos e aumentar a compreensão das necessidades de clientes por meio do fornecimento de ferramentas que facilitem a descoberta dessas necessidades pelos próprios clientes, que passam a aprender-fazendo (*learning-by-doing*) sobre como produtos podem atender às suas próprias necessidades.

[...] concentrar as tarefas de design relacionadas a necessidades completamente junto ao usuário elimina a necessidade de alternar a resolução de problemas no vai-e-volta entre usuário e indústria durante os ciclos de tentativa e erro envolvidos no aprender-fazendo. (VON HIPPEL, 2001, p. 249)

Inicialmente a abordagem consistia na entrega de ferramentas de customização que permitiam a experimentação pelo cliente, seguida do retorno de especificações para a produção de grandes volumes pela indústria.

Com o passar do tempo os chips customizáveis e plataformas de desenvolvimento passaram a ser, eles próprios, os produtos fabricados em larga escala pela indústria.

Esta mudança de abordagem fez com que os engenheiros clientes fossem, do lado da demanda, também, de certo modo, fabricantes dos chips para

aplicações específicas pela customização dos produtos industriais (THOMKE, 2003, p. 259).

Em paralelo ao desenvolvimento dos microprocessadores, o desenvolvimento de microcontroladores foi particularmente importante para os sistemas embarcados.

Enquanto microprocessadores são dependentes de circuitos externos complexos, microcontroladores usualmente integram um microprocessador, recursos de memória ROM (estável) e RAM (volátil)¹⁵, pinos de entrada e saída (I/O) e outras funções periféricas em um único chip.

Estes sistemas podem ser tão completos que em alguns casos tudo o que é preciso para criar uma aplicação é adicionar um *software* (HEATH, 2003, p. 11), ou seja, nestes casos microcontroladores são um sistema completo de *hardware*.

A integração destes componentes em microcontroladores é acompanhada de uma queda relativa de desempenho. Enquanto os microprocessadores dedicados são adequados para tarefas simultâneas e cálculos complexos (e.g. gerenciamento multimídia), os microcontroladores servem a tarefas mais simples, com baixa capacidade de acúmulo de funções.

As corporações desenvolvedoras de microcontroladores têm se empenhado em ultrapassar estas limitações, promovendo avanços em pequenos microcontroladores que ao mesmo tempo consomem pouca energia e dão conta de maior complexidade operacional (KVERNLAND, 2016).

A inovação de ruptura recente mais expressiva associada à tecnologia dos microcontroladores é o Arduino, mais pela facilidade de uso que proporciona do que por avanços técnicos.

O Arduino pode ser descrito como um sistema aberto (*open source*) que compreende: (1) uma placa de desenvolvimento de sistemas embarcados contendo um microcontrolador; (2) um ambiente de programação para o desenvolvimento de pequenos programas e gravação no microcontrolador; e (3) um *bootloader*, um código pré-gravado no microcontrolador que acompanha a placa de desenvolvimento que é executado sempre que o microcontrolador é energizado. As placas são desenhadas de modo a favorecer montagens provisórias, ou seja, o Arduino é uma plataforma de prototipagem de sistemas computacionais embarcados simples.

¹⁵ Memórias ROM (*Read-Only Memory*) são estáveis, ou seja, não se apagam quando um aparelho é desligado; memórias RAM (*Random Access Memory*) são voláteis, ou seja, se apagam sem suprimento de energia.

As origens do Arduino remontam a criação do Processing, um *software* cujo desenvolvimento teve como objetivo oferecer um ambiente digital de aprendizagem de programação facilitada para artistas e designers, criado por Ben Fry e Casey Reas em 2001 no MIT Media Lab (PROCESSING FOUNDATION, 2016). Já na Itália, no *Interaction Design Institute Ivrea* (IDII), Casey Reas, Massimo Banzi e Hernando Barragán trabalharam no desenvolvimento de um sistema que, de maneira análoga ao Processing, fosse capaz de facilitar a criação de sistemas eletrônicos programados (microcontrolados) para artistas e designers.

O Processing foi usado como base para a criação deste sistema, que veio a ser lançado em 2005 (ARDUINO LLC, 2016). Assim, o Arduino levou a abordagem de plataforma de desenvolvimento (*toolkits*) e a fabricação em campo, para além do universo da engenharia e das empresas especializadas.

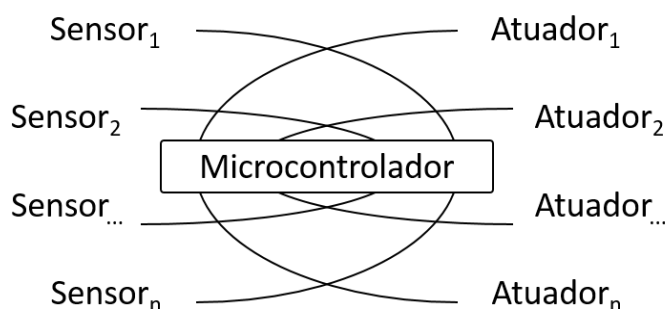
Atualmente são comercializados cerca de quinze modelos do Arduino oficial, distribuídos entre placas em nível de entrada consideradas básicas e relativamente fáceis de usar, modelos com desempenho superior, outros voltados para aplicações conectadas com a internet (internet das coisas) e para aplicações vestíveis (*wearables*).

Além destas placas de desenvolvimento há inúmeras outras, algumas fornecidas pelos próprios fabricantes de microcontroladores exigem formação técnica avançada, outras que operam com microprocessadores e não com microcontroladores, ou seja, são de fato pequenos computadores poderosos (e.g. Raspberry Pi e BeagleBone) e outras ainda derivadas do Arduino, criadas a partir de seu *hardware* aberto e que compartilham o mesmo ambiente de programação (IDE).

Assim como é necessário compreender a estrutura dos artefatos mecânicos e elétricos e conhecer seus componentes para que se possa projetar novos artefatos, entender a estrutura dos sistemas embarcados é igualmente fundamental.

Não há uma estrutura única para os sistemas embarcados, mas há uma lógica essencial segundo a qual sensores coletam informações que são recebidas pelo microcontrolador que, por sua vez, controla atuadores.

A partir desta lógica são estruturadas interfaces físicas com computação embarcada (Figura 7).

Figura 7 – Estrutura de uma interface física com computação embarcada

Fonte: elaborado pelo autor.

O número de sensores e atuadores é indeterminado, limitado apenas pela disponibilidade de pinos de conexão (entradas e saídas I/O) e pela capacidade de processamento e armazenamento de código na memória do microcontrolador.

O Quadro 5 apresenta alguns exemplos comuns de sensores e atuadores.

Quadro 5 – Exemplos comuns de sensores e atuadores

| Sensores | Atuadores |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Sensores de luminosidade | Motores (cc, passo, servos) |
| Sensores de temperatura e umidade | LEDs |
| Sensores de som | Displays gráficos e alfanuméricos |
| Sensores de proximidade e distância | Atuadores sonoros |
| Sensores de movimento e vibração | Atuadores termoeletrônicos |
| (...) | (...) |

Fonte: elaborado pelo autor.

Além de sensores e atuadores, uma variedade de outros componentes e circuitos pode ser incorporada em um sistema eletroeletrônico. Estes sistemas podem ser conectados com outros em rede, trocar dados via internet e se conectar a computadores.

As placas de desenvolvimento de sistemas embarcados são plataformas para a experimentação, criadas para facilitar o desenvolvimento de protótipos destes sistemas. A ideia é facilitar montagens provisórias, para que depois sejam construídos modelos estáveis sobre placas independentes de circuito impresso (PCB – *Printed Circuit Board*).

Uma das placas de desenvolvimento mais populares, o Arduino Uno, contém além do microcontrolador programável alguns componentes comuns (como leds e resistores) e dois outros circuitos, um para conversão de voltagem e outro para conversão USB-serial, que permite a gravação de programas no microcontrolador (BLUM, 2013, p. 4-6).

Um dos aspectos mais interessantes desta placa é que, uma vez programado, o microcontrolador pode ser removido da placa de desenvolvimento e instalado em uma aplicação independente (MCROBERTS, 2011, p. 25).

Em seguida outro microcontrolador pode ser inserido na placa de desenvolvimento para receber um novo código, ser integrado em uma nova aplicação e assim subsequentemente.

Além do microcontrolador, sensores e atuadores, outros elementos podem ter importância fundamental na estrutura destes artefatos: as bibliotecas, os módulos e os arranjos em rede.

Uma biblioteca é um conjunto de códigos (*software*) que pode ser incluído em um programa e utilizado por meio de chamadas de comandos simples. Em outras palavras, bibliotecas podem ser incluídas em um programa facilitando o uso de códigos complexos pelo usuário, uma vez que estes já foram programados por terceiros.

De maneira similar os módulos são circuitos pré-desenvolvidos (*hardware*) para facilitar o uso de componentes como sensores, atuadores, registradores de dados (e.g. gravadores de cartões de memória), entre outros.

Bibliotecas e módulos são parte importante de qualquer plataforma de desenvolvimento por usuários (*toolkits*), evitam que usuários tenham que reinventar soluções e permitem o foco nos elementos realmente novos do projeto (THOMKE, 2003, p. 251; VON HIPPEL, 2001, p. 253).

Assim, bibliotecas e módulos facilitam a criação de projetos complexos customizados por usuários e constituem parte fundamental da estrutura dos artefatos com computação embarcada criados por pessoas que não são especialistas técnicos.

O ambiente de desenvolvimento de programas para Arduino acompanha mais de dez bibliotecas padrão e há dezenas de outras disponíveis na internet para uso imediato. Há também muitos módulos disponíveis, que embora sejam comercializados, com frequência são também projetos abertos e suas configurações estão disponíveis para quem quiser produzi-los em montagens manuais.

Um último aspecto importante da estrutura dos artefatos com sistemas embarcados está nas possibilidades de montagens com artefatos em rede.

Estas redes podem ser fechadas e limitadas a artefatos pré-determinados – como ocorre com sistemas de abertura de portões eletrônicos em prédios e outros sistemas de controle remoto – mas também podem vencer barreiras geográficas quando estão conectadas à internet.

Nesse sentido, a internet das coisas (IoT - *Internet of Things*) é uma área promissora para sistemas embarcados. Grandes corporações têm se envolvido no desenvolvimento de padrões, produtos e programas para esta área¹⁶. As soluções em desenvolvimento permeiam ambientes residenciais, comerciais e industriais.

No entanto, associações de artefatos em rede levantam questões de interoperabilidade que fazem do seu desenvolvimento um desafio mais complexo do que o dos artefatos isolados. Além disso questões relacionadas à segurança e privacidade são apontadas como um dos maiores desafios a serem enfrentados no desenvolvimento destes sistemas¹⁷.

5.1.3 Design paramétrico e generativo

A difusão de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) possibilitou um aumento de eficiência em processos de inovação, reduziu erros relacionados à fabricação e incrementou as possibilidades de codesenvolvimento de projetos (ROTHWELL, 1994).

Contudo, não raro os sistemas CAD são utilizados apenas em etapas avançadas do projeto, quando grande parte das decisões relativas ao design já foram tomadas.

O design auxiliado por computador tem seu potencial realizado quando os sistemas digitais são adotados ao longo do desenvolvimento do projeto, não apenas como um recurso para facilitar ou tornar mais eficiente a representação avançada de algo que foi pré-concebido.

Inicialmente as vantagens oferecidas pelos computadores diziam respeito à eficiência e precisão, explorar outras possibilidades não era uma prioridade; recentemente novos modos de usar os computadores têm aberto novos territórios, inclusive para a criação de geometrias complexas (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 27).

Ao mesmo tempo, como se mostrou anteriormente neste capítulo, as tecnologias CAD têm sido reconhecidas como um dos principais gargalos em sistemas de fabricação digital e impressão 3D, que permitem liberdade de configuração formal sem precedentes (LIPSON e KURMAN, 2013, p. 91; GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010, p. 301).

¹⁶ *ZigBee Alliance*. Disponível em: <<http://www.zigbee.org/zigbeealliance/>>. Acesso em 20 abr. 2016.

¹⁷ *Atmel IoT Overview*. Disponível em: <<http://www.atmel.com/iot/>>. Acesso em 20 abr. 2016.

Os sistemas paramétricos e generativos se apresentam como alternativas para o design frente a este cenário de liberdade formal de produção, uma vez que são capazes de apoiar o desenvolvimento flexível de geometrias complexas.

Em meados da década de 1960, Ivan Sutherland desenvolveu o sistema *sketchpad*, precursor dos sistemas CAD (*computer aided design*), no MIT.

O *sketchpad* continha, em forma embrionária, muitas das ferramentas que os sistemas CAD incorporaram desde então: a primeira interface gráfica, capacidade para desenhos 2D e modelos 3D, opções de visualização, simulações estruturais e elétricas, e ainda, era diretamente conectado a máquinas operadas por controle numérico computadorizado (CNC) integrando o primeiro sistema CAD/CAM que se tem conhecimento (STEADMAN, 2014, p. 26).

“O *sketchpad* era muito mais do que um análogo bruto do papel e caneta, era uma maneira fundamentalmente nova de se fazer design.” (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 29). Além das ferramentas de desenho, o sistema já trazia possibilidades de configuração de comportamentos de formas por associações de pontos e definições de paralelismo, por exemplo.

Contudo, as versões comerciais dos sistemas CAD subsequentes eram limitadas e estas limitações fizeram com que durante décadas estes sistemas fossem considerados inadequados para o estágio conceitual do design (*Ibid.*).

De fato, muito do uso dos sistemas CAD apenas digitaliza procedimentos analógicos, operando sobre concepções de design (PETERS, 2013, p. 10).

Por outro lado, práticas de design paramétrico e generativo são adequadas para as etapas conceituais do design, quando o projeto ainda está sendo formulado (KRISH, 2011, p. 88-89).

Proposições mais recentes sugerem um avanço de sistemas CAD (*computer aided design*) para sistemas AAD (*algorithm aided design*). A ideia por trás desta mudança é a de que se pode superar as limitações de programas comerciais pelo desenvolvimento de algoritmos autorais (TEDESCHI, 2014, p. 22).

Aprender a programar e se engajar com o computador mais diretamente com códigos abre não apenas a possibilidade de criar ferramentas, mas também sistemas, ambientes e modos inteiramente novos de expressão. É aqui que o computador deixa de ser uma ferramenta e passa a ser um meio (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 25).

Neste sentido, caberia aos designers programar algoritmos capazes de apoiar o design. A criação de um meio digital para a experimentação em design passa a ser parte do projeto (DAVIS e PETERS, 2013, p. 131). Assim se poderia ultrapassar as limitações das ferramentas disponíveis.

Outra alternativa para ultrapassar estas limitações é customizar aplicações existentes pela programação. Alguns aplicativos profissionais de design introduziram linguagens internas de programação que permitem aos usuários estender as ferramentas pela escrita de códigos (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 31).

Ainda mais interessante é o fato de que ambientes e linguagens de programação tenham sido criadas com o objetivo de facilitar o uso por designers e artistas, viabilizando um movimento em direção à programação criativa (e.g. Processing e Grasshopper).

Estes sistemas servem à criação de geometrias bidimensionais e tridimensionais, estáticas, dinâmicas ou interativas a partir da definição de um conjunto de regras e procedimentos – um algoritmo – que processa entradas e produz saídas.

Embora estas linguagens e ambientes de programação sejam relativamente recentes¹⁸, suas origens ainda são atribuídas à invenção do Sketchpad em 1963, um sistema que já permitia a elaboração visual de algoritmos com lógica associativa entre elementos geométricos e parâmetros (TEDESCHI, 2014, p. 21).

A criação de algoritmos é mais o design de um processo do que de um objeto, capaz de produzir saídas múltiplas a partir da variação de entradas (parâmetros).

Um conjunto de regras associativas e constritores bem definidos pode levar a formas sem precedentes ou a resultados imprevisíveis que sejam coerentes com parâmetros estabelecidos. O design algorítmico permite aos designers encontrar novas soluções e dar um passo além das limitações dos programas CAD e modeladores 3D tradicionais (TEDESCHI, 2014, p. 25).

Assim, programas que suportam o design auxiliado por algoritmos (AAD) favorecem a exploração rápida de várias alternativas geométricas (saídas do processo definido pelo algoritmo) uma vez elaborado o algoritmo e a partir de modificações de parâmetros de entrada.

Este é um movimento que parte de ‘pensar um objeto’ em direção a ‘pensar sobre um campo de opções a se explorar’ (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 93), do pensamento baseado em modelos e tipologias formais discretas para o design de processos (KNIPPERS, 2013).

A inserção destes sistemas em práticas de design levanta a necessidade de compreender melhor estas tecnologias.

¹⁸ Entre os aplicativos de modelagem algorítmica e paramétrica mais populares estão o Grasshopper, usado para a criação de geometrias tridimensionais e o Processing, mais usado na criação de imagens e animações, com suas primeiras versões disponibilizadas em 2007 e 2001 respectivamente.

Lipson e Kurman (2013, p. 252-58) organizaram uma escala de sofisticação para diferentes modos de operar com formas tridimensionais em computadores.

As representações mais simples são geometrias sólidas, superfícies de modelos de malha e detalhamentos técnicos tradicionais. Nestes casos a definição formal é dada por notações fixas.

Em seguida estão os programas de modelagem capazes de operar formas parametrizadas, programas que permitem ao usuário definir uma geometria ajustável em função de alguns parâmetros.

Uma terceira abordagem mais complexa é oferecida pelos sistemas generativos. Estes sistemas literalmente 'crescem' um corpo a partir de uma forma semente, de acordo com um dado conjunto de regras que especificam como a forma deve se desenvolver ou se desdobrar durante o tempo. Nestes casos, uma 'forma semente' é a configuração formal mínima unitária, que varia de acordo com mudanças de parâmetros e a aplicação de regras codificadas em algoritmos.

Sistemas CAD convencionais apresentam conjuntos genéricos de parâmetros que podem ser definidos (e.g. pontos e dimensões geométricas). Entre estes sistemas há aqueles que permitem apenas a configuração inicial das formas, que uma vez definidas não têm seus parâmetros abertos (sistemas não-paramétricos) e outros que mantêm os parâmetros abertos a alterações mesmo depois das configurações iniciais (sistemas paramétricos).

A ideia de design paramétrico vai além destes sistemas e alcança a prática da parametrização customizada. Parametrizar significa identificar e descrever quantitativamente elementos variáveis no processo. Pela parametrização são criadas conexões entre a intenção do designer e o sistema que está sendo descrito (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 95).

Design paramétrico é um processo que não é baseado em métricas fixas, mas em relacionamentos consistentes entre objetos, permitindo que mudanças em um elemento se propaguem pelo sistema (SAKAMOTO, 2008, p. 2).

A cada parâmetro são atribuídos um ou mais valores variáveis, que exercem efeitos sobre a saída do processo. Os parâmetros descrevem, codificam e quantificam as opções e os limites que estão em jogo no sistema (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 95).

Para além das abordagens paramétricas convencionais (não evolucionárias) estão as generativas (evolucionárias) em um grau mais alto de sofisticação na escala de Lipson e Kurman.

As duas abordagens se confundem em formas híbridas. É difícil imaginar sistemas generativos que não dependam de parâmetros, embora sistemas paramétricos não sejam necessariamente generativos.

Os sistemas generativos são baseados em metáforas evolucionárias. O argumento que justifica estas abordagens é o de que as tecnologias do mundo natural seriam muito superiores às do mundo artificial. Assim, algoritmos evolucionários são inspirados e baseados em mecanismos de evolução natural.

[...]a natureza tem se mostrado uma inventora notavelmente bem-sucedida, cheia de recursos e imaginativa gerando um fluxo constante de novas ideias de design para disparar nossa imaginação. Daí o interesse atual no potencial do paradigma evolucionário no design. (FRAZER, 2002, p. 254)

Para Bentley e Corne (2002), uma estrutura genérica para os algoritmos evolucionários compreende necessariamente 'reprodução', 'herança', 'variação' e 'seleção'.

Estes algoritmos operam pela geração de 'populações' de alternativas possíveis, seguida da 'reprodução' que produz novas gerações, grupos de alternativas formadas a partir de 'mutações' ou 'cruzamentos' de características de 'indivíduos' da geração anterior.

Em outras palavras, as alternativas que fazem parte de uma nova 'geração' são variações criadas a partir de características de 'indivíduos' da geração anterior. Novos 'indivíduos' são avaliados de acordo com o grau em que se ajustam a uma função predefinida ou por usuários do sistema. Esta avaliação determina quais indivíduos 'sobreviverão' e transmitirão sua 'herança genética' para a próxima geração.

A forma também pode responder a um ambiente, de maneira análoga a um genótipo produzindo uma reação fenotípica (FRAZER, 2002, p. 265).

Juntas, estas dinâmicas e metáforas constituem a estrutura de um sistema generativo, que compreende ao menos: uma representação genética (genótipo); uma 'embriogenia' ou 'morfogenia', ou seja, uma função operativa de componentes; representações fenotípicas ('indivíduos' gerados) e algum mecanismo de avaliação das alternativas produzidas.

Programar estas abstrações em computadores é construir modelos computacionais de processos evolucionários, sistemas artificiais que se apresentam como uma alternativa para lidar com a complexidade (SIMON, 1996, p. 180).

Nestes sistemas há dois modos muito distintos de operação, a otimização, que consiste na busca por uma solução ótima, e a exploração, quando se procura por alternativas diversas.

A ideia por trás da operação exploratória é gerar soluções surpreendentes e qualitativamente melhores quando comparadas com alternativas existentes em maior velocidade e quantidade (BENTLEY e CORNE, 2002, p. 58).

Quando os parâmetros não definem a solução diretamente, quando eles definem um conjunto de componentes a partir dos quais a solução é construída, a ideia de otimização se torna inapropriada. Aqui a evolução explora novos modos de construir a solução por mudanças nos relacionamentos entre componentes. Ela pode variar a dimensionalidade do espaço pela adição ou remoção de elementos. Pode explorar alternativas ao invés de otimizar uma única opção (BENTLEY e CORNE, 2002, p. 44).

Estes sistemas podem ser capazes de gerar saídas surpreendentes, mas isso não significa que essa produção seja aleatória. Não conhecer as saídas do processo de design desde o início do processo não impede que haja uma intenção de projeto clara (FRAZER, 1995).

Dawkins (2001, p. 73) observa que o espaço de alternativas possíveis é tão extenso que é necessária a criação de mecanismos para encontrar as alternativas desejadas, portanto o processo de descoberta é, ao mesmo tempo, necessariamente um processo criativo.

A parametrização e a simplificação necessária em códigos evolucionários terminam por desenhar um espaço de saídas possíveis para o processo (FRAZER, 2002, p. 257).

Nesse sentido, as práticas de design paramétrico e generativo são muito mais uma atividade de modelagem de lógicas internas do que de formas externas (FRAZER, 1995, p. 10).

O advento da parametrização insere a necessidade de se projetar a estrutura conceitual que guia as variações paramétricas (VANUCCI, 2008, p. 121), paralelamente, em sistemas generativos o paradigma evolucionário requer que a abordagem conceitual de design seja capturada e codificada (FRAZER, 2002, p. 260).

Na modelagem generativa o processo que conforma genótipos em fenótipos, a embriogenia ou morfogênese, se vale de um conjunto de regras que produzem soluções abstratas, para cada solução gerada uma forma semente é criada e então as regras são aplicadas iterativamente (BENTLEY e CORNE, 2002, p. 50).

Na modelagem paramétrica, bem como na morfogênese digital generativa, modelos matemáticos (e.g. sistemas de reação e difusão, fractais) são frequentemente usados na produção de formas e padrões.

O design de sistemas paramétricos e generativos pode ser compreendido como o design de processos de transformação morfológica baseados em parâmetros ou componentes que operam matematicamente.

Embora tenham sido criados recentemente sistemas como Processing, que facilitam a criação de algoritmos e as práticas de design paramétrico e generativo, as abordagens matemáticas com as quais estas tecnologias operam não são novas.

Algumas das práticas mais conhecidas são a criação e aplicação de gramáticas de formas (*shape grammars*), sistemas Lindenmayer (*L-systems*), autômatos celulares (*cellular automata*) e a inteligência em enxames (*swarm intelligence*).

Gramáticas de formas são um conjunto de regras compositivas, análogas à uma sintaxe, que articulam elementos formais. Têm sua origem na linguística e têm sido aplicadas a questões de estilo e composições arquitetônicas (STEADMAN, 2014, p. 28).

As gramáticas também podem ser parametrizadas com variações paramétricas formais, espaciais ou mesmo de regras e da estrutura da gramatical (AL-KAZZAZ e BRIDGES, 2012, p. 352).

Sistemas Lindenmayer consistem na aplicação recursiva de um conjunto de regras que geram formas de maneira análoga ao crescimento biológico.

Autômatos celulares são uma coleção de células cuja forma evolui com o tempo de acordo com regras dirigidas pelo estado de células vizinhas (SINGH e GU, 2012, p. 186).

Em sistemas como autômatos celulares não se pressupõe o uso de formas semente ou de outros componentes formais. Os processos generativos codificados são capazes de produzir formas emergentes, estruturas e espaços como um subproduto das atividades celulares (FRAZER, 2002, p. 267).

Modelos de inteligência em enxames representam as propriedades de sistemas pelos quais comportamentos coletivos de agentes que interagem localmente com o ambiente fazem emergir padrões.

Estas duas últimas abordagens são adequadas para processos sensíveis a contextos, simulações de fluxos e para a geração de alternativas baseadas em auto-organização de unidades autônomas em processos de design baseados em comportamentos. (SINGH e GU, 2012, p. 189).

Assim, junto à disponibilidade recente de novas tecnologias de apoio ao design paramétrico e generativo são abertos modos de experimentar com a complexidade.

5.1.4 Limitações e avanços esperados nos três eixos tecnológicos

Mesmo impactantes e promissoras, as tecnologias citadas neste capítulo também carregam suas limitações.

Sobre as impressoras 3D, Gershenfeld notou:

Apesar do apelo óbvio de serem capaz de imprimir quase qualquer coisa, atualmente as impressoras 3D tem um número de limitações significativas. Elas são precificadas mais como *mainframes* do que como impressoras, e o que elas fazem poderia ser chamado mais precisamente de prototipagem não-tão-rápida. O tempo de construção de uma peça complexa pode variar de horas até dias. (GERSHENFELD, 2005, p. 100)

Ou seja, o tempo do ciclo de produção é longo e os custos do maquinário, em muitos casos, ainda são altos.

Companhias fabricantes de tecnologias de impressão 3D atuam em mercados bastante distintos e acabam por determinar duas grandes classes de equipamentos, mesmo consideradas as diferentes tecnologias de produção.

Estas duas classes de equipamentos, uma direcionada para a fabricação digital de alto nível para a indústria e outra de tecnologias de mesa voltada para o consumidor comum e para educação, implicam em faixas de preço muito distantes uma da outra.

Em geral o que se verifica é que as impressoras 3D *desktop* de baixo custo ainda não alcançam bons níveis de qualidade no artefato produzido.

As tecnologias *desktop* capazes de imprimir objetos de alta resolução são mais caras e, ao mesmo tempo, apresentam insumos de alto custo e/ou grandes limitações de área útil com implicações para as dimensões do artefato (como as tecnologias de estereolitografia), enquanto outras, capazes de produzir artefatos maiores e com insumos mais acessíveis, não são capazes de imprimir com boa resolução (como as tecnologias de modelagem por fusão e deposição).

Os materiais disponíveis para impressão 3D muitas vezes não têm a mesma qualidade dos materiais similares empregados na indústria tradicional, além disso, são comuns problemas relacionados a variações indesejadas de propriedades físicas e falhas por falta ou excesso de material (VOLPATO, 2007, p. 11).

De outro lado, os sistemas distribuídos de produção apresentam outros tipos de limitações e problemas em potencial.

Ambientes e práticas de produção são muito mais rigorosos do que aqueles de prototipagem, inclusive em termos de *set-up* (ajustes iniciais), calibração, controle de qualidade, certificação e treinamento de pessoal (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010, p. 372).

Raramente este conjunto de práticas pode ser encontrado em *hubs* de produção digital. Inconsistências entre procedimentos (como ajustes de máquinas) e propriedades (como as dos materiais) esperados e os reais, colocam em risco qualidade e viabilidade econômica da produção digital.

Para Lipson e Kurman nós conquistaremos controle progressivamente na convergência entre os mundos digital e físico proporcionada pelas tecnologias de impressão 3D. Inicialmente seria preciso conquistar o controle sobre a forma, em seguida deveremos ganhar controle sobre a composição da matéria, em um terceiro momento, o controle sobre comportamento dos artefatos, por meio da “habilidade de programar materiais para funcionar de modos desejados” (LIPSON e KURMAN, 2013, p. 265).

Para além da autonomia de configuração formal, os dois níveis seguintes de domínio ainda são dependentes de desenvolvimento tecnológico.

Uma das alternativas de fabricação consideradas para concretização destas possibilidades é a produção por voxels, unidades físicas discretas de material, comparadas ao pixel imagético.

Algumas das tecnologias de impressão 3D são potencialmente capazes de construir ‘materiais funcionalmente graduados’ (FGMs, *functionally graded materials*) nos quais a mescla de materiais em diferentes proporções permite composições variadas que implicam em propriedades também variadas em uma mesma construção, ou seja, a variação espacial controlada de propriedades materiais (OXMAN, KEATING e TSAI, 2012).

Espera-se que em breve tecnologias de fabricação multimaterial funcionalmente graduados estejam suficientemente desenvolvidas para que possam ser aplicadas, assim como pela disponibilidade de materiais para estas tecnologias com uma ampla gama de propriedades, que devem ir além de propriedades mecânicas, como resistência e flexibilidade, compreendendo também propriedades elétricas, térmicas e óticas (*Ibid.*).

Aparentemente a alternativa mais consistente para tornar possível a distribuição de propriedades físicas por um artefato é o desenvolvimento de processos baseados em voxel. Um fluxo de trabalho baseado em voxels permitiria obter propriedades físicas distribuídas gradualmente pela forma do artefato, decorrentes da composição multimaterial planejada. Ainda não há ferramentas digitais para apoiar este tipo de fabricação disponíveis ao público (DOUBROVSKI, TSAI, *et al.*, 2015).

Estes avanços previsivelmente alcançariam a indústria de alimentos, a construção civil e mesmo a medicina.

Aplicações na produção de alimentos e na construção civil vêm sendo experimentadas, com variação de matérias-primas (ou ingredientes) e de escala de produto e de máquinas.

No campo da saúde, para além da impressão de próteses e órteses que já é uma realidade, há também avanços substanciais em pesquisas voltadas para impressão de tecidos vivos e mesmo de órgãos humanos (INSTITUTE FOR REGENERATIVE MEDICINE, 2016), muito embora aplicações permaneçam confinadas em pesquisas experimentais.

Em relação aos sistemas computacionais embarcados, tecnologias de microprocessadores, microcontroladores e sensores são desenvolvidas em um passo rápido pela grande indústria, no entanto estes desenvolvimentos nem sempre são acessíveis para desenvolvedores independentes.

Assim, uma primeira linha de avanços tecnológicos esperados pela comunidade de desenvolvedores independentes pode ser identificada nas tecnologias já existentes para desenvolvedores profissionais. Esta mesma lógica parece se aplicar para microcontroladores, sensores, atuadores e circuitos complementares (módulos).

As tecnologias já disponíveis para grandes empresas e desenvolvedores técnicos indicam avanços futuros em áreas como sistemas com biosensoriamento (monitoramento de saúde e sinais vitais) e avanços na integração de sistemas embarcados com a internet.

Talvez a maior limitação nesta área seja relacionada à dependência de módulos e bibliotecas.

Como módulos e bibliotecas de código permitem o acesso a componentes e algoritmos que podem ser integrados em projetos, é criada uma certa dependência destes elementos, que é problemática uma vez que eventualmente módulos saem de linha e bibliotecas se tornam desatualizadas e deixam de funcionar, em alguns casos sem nenhum substituto similar.

Assim, a interoperabilidade desejável entre componentes físicos ou virtuais nem sempre se concretiza e, ainda que uma tecnologia de desenvolvimento funcione no presente, não há garantias de que funcionará no futuro.

O mesmo problema é percebido em relação aos sistemas paramétricos e generativos, embora os problemas surjam de incompatibilidades entre partes de códigos desenvolvidos, atualizações de linguagens, de *softwares* e de *plug-ins*.

Além disso, apesar da capacidade inegável dos sistemas paramétricos de geração de geometrias complexas há uma percepção forte de similaridade e

repetição das configurações visuais produzidas com estes sistemas (KWINTER in SAKAMOTO, 2008, p. 236).

Se esta recorrência visual percebida é de fato um aspecto de uma linguagem inerente às limitações do design paramétrico e generativo, ou apenas um estado das explorações iniciais destes sistemas digitais, ainda é uma incógnita a ser esclarecida.

De acordo com Michael Meredith, apesar das imagens estonteantes das geometrias complexas, as práticas de design paramétrico apresentam uma estética totalizante e ainda são superficiais: “quando algo supostamente se parece ‘paramétrico’ hoje, é uma (re)produção estética.” (MEREDITH, 2008, p. 6-9).

Outra questão é que nem tudo é facilmente quantificável (parametrizável) e relacionamentos que importam à prática do design nem sempre são apenas geométricos ou mesmo coordenáveis (*Ibid.*).

Do lado dos sistemas generativos, algoritmos evolucionários nem sempre conseguem apresentar uma produção satisfatória. Eventualmente as buscas podem cair em um espaço que só contenha alternativas desinteressantes (convergência prematura), em outros casos podem “andar em círculos” (BENTLEY e CORNE, 2002, p. 44).

Outra questão que persiste é que mesmo a escolha do momento em que se interrompe o processo generativo é problemática, uma vez que “nunca é claro se um design muito melhor está para ser gerado no próximo ciclo evolucionário” (FRAZER, 2002, p. 258).

Em relação ao design paramétrico, verifica-se um potencial de produzir uma rede hiperinclusiva de parâmetros e relacionamentos, com a produção de objetos multivalentes a partir de “um complexo de relacionamentos complexos” em que se considere dimensões culturais, mercadológicas e de uso (MEREDITH, 2008, p. 8).

Um avanço em direção à correlação de subsistemas é esperado, uma vez que o design paramétrico tem uma forte capacidade de correlação de dados (SCHMACHER, 2009, p. 34).

As classes citadas da escala de Lipson e Kurman (2013, p. 257-58) avançariam em direção a configurações reativas, que se modificam ao se ajustarem às condições ambientais do contexto em que são inseridos. A produção de artefatos como estes ainda é concentrada em grupos de pesquisa.

Para além do artefato dinâmico e reativo, sistemas e artefatos híbridos que compreendam elementos e componentes naturais e artificiais vêm despontando na pesquisa e desenvolvimento experimental.

A fusão de sistemas sintéticos e naturais aponta para a possibilidade de máquinas generativas e para novas formas de organização espacial e produção (SPYROPOULOS, 2009, p. 97).

Projetos experimentais recentes como o Silk Pavillion¹⁹ do grupo de pesquisa *Mediated Matter* vinculado ao MIT Media Lab, por exemplo, exploram a relação entre fabricação digital e biológica.

Como Frazer pondera, talvez não seja necessário fazer a distinção entre evolução natural e artificial. Talvez o processo evolutivo seja apenas um (2002, p. 271).

5.2 Implicações e efeitos da difusão tecnológica

Os meios de produção e experimentação apresentados neste capítulo são muito diferentes daqueles da transformação material especializada industrial. Primeiro, porque são flexíveis e abrem um espaço amplo para proposições de design; depois porque diferentemente da produção industrial, este espaço ainda é pouco explorado, em especial naquilo que não interessa à produção em escala como os pequenos lotes, as ofertas para demandas pequenas e a produção para o uso individual.

Enquanto sistemas dedicados e distribuídos de fabricação digital viabilizam a produção de pequenos lotes com geometrias que não seriam possíveis de se fabricar nos meios de produção tradicionais, sistemas de experimentação com eletrônica digital viabilizam a criação de interfaces físicas com computação embarcada e os sistemas paramétricos e generativos oferecem novos modos de experimentar com a complexidade pela criação de processos algorítmicos.

A disponibilidade de tecnologias que facilitam a inserção destas abordagens em práticas de design coloca implicações já citadas ao longo do capítulo, como um deslocamento do design de formas fixas para o design de processos que geram formas, a aprendizagem técnica relacionada a sistemas computacionais embarcados e um entendimento operacional de sistemas de fabricação digital.

Assim, o advento destas tecnologias levanta questões relacionadas à *expertise* necessária à inserção destas tecnologias nas práticas de design.

“A despeito da *expertise* em design, a *expertise* junto às ferramentas computacionais se torna um fator crítico” em processos de design paramétricos e

¹⁹ *Silk Pavillion Environment | CNC Deposited Silk Fiber & Silkworm Construction | MIT Media Lab*. 2013. Disponível em: <<http://matter.media.mit.edu/environments/details/silk-pavillion>>. Acesso em 20 abr. 2016.

generativos (SINGH e GU, 2012, p. 198). A competência em criar estes sistemas depende da aprendizagem de alguma linguagem de programação.

Linguagens e ambientes de programação criados para facilitar a aquisição da *expertise* técnica por designers e artistas têm se difundido e comunidades de prática têm se formado em torno destas tecnologias.

O que se espera é promover uma ‘alfabetização em programação’²⁰ para pessoas sem formação técnica (REAS e FRY, 2014, p. 3). Apesar disso, mesmo o mais entusiasmado dos estudantes de artes e design deverá encontrar dificuldades em superar os limites técnicos (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 9).

Boa parte destas dificuldades estão relacionadas ao domínio matemático requerido para o desenvolvimento de projetos complexos e capazes de produzir saídas de design interessantes.

Em geral os sistemas CAD ocultam e automatizam a lógica geométrica, a criação de sistemas generativos, entretanto, requer um bom conhecimento de matemática para que se possa efetivamente manipular a lógica de geração de modelos (SCHUMACHER e KRISH, 2010). A especificidade do design baseado em código ainda é algo que requer competências matemáticas e lógicas (LOMBARDI, 2014, p. 295).

Por outro lado, a complexidade envolvida na criação de programas nem sempre é técnica ou científica. Criar um jogo, por exemplo, depende de “coreografar” os componentes em uma experiência coerente e prazerosa (REAS e McWILLIAMS, 2010, p. 17).

O que se sugere é o engajamento do designer na criação de códigos, de modo que seu papel primordial seja o de codificar as relações que geram saídas nestes sistemas paramétricos e generativos.

Em formas tradicionais do design pontos de análise são fixados no desenvolvimento de uma estratégia de design. A informação e decisões que conformam o processo são vistas como instantâneos no tempo ou como um conjunto agregado de momentos em uma imagem fixa enquanto ainda se está no estágio de geração de informação do desenvolvimento do design. Mudanças ou flutuações no tempo são comprimidas ou descartadas, sutilezas e variações são racionalizadas em favor da forma genérica. Uma abordagem algorítmica deixa aberto o ponto fixo para que passe a ser variável e responsivo, criando uma rede responsiva de alto nível. (FRIESEN e VIANELLO, 2014, p. 397)

Nesse contexto, o entendimento e a competência de configuração relacional são aspectos que distinguem o designer do técnico virtuoso (LOMBARDI, 2014, p. 294).

²⁰ *computational literacy*.

Algo semelhante acontece com o design de interfaces físicas com computação embarcada. O desenvolvimento experimental com tecnologias de prototipagem em sistemas embarcados requer conhecimentos básicos de eletrônica e noções programação.

Assim, o advento destas tecnologias termina por inserir demandas de aprendizagem técnica, científica e mesmo de design e, teve como efeito a emergência de comunidades de prática em torno destas tecnologias.

5.2.1 Aprendizagem e comunidades de prática

A opção pelo desenvolvimento aberto associada a estes três grupos de tecnologias (fabricação digital, computação embarcada e sistemas paramétricos e generativos) faz como que indivíduos estejam mais propensos para doar parte do seu tempo e avançar com experimentos. Com isso, comunidades de práticas se formam em torno destas tecnologias e promovem o compartilhamento de projetos, experimentos, desenvolvimentos parciais e conhecimentos técnicos.

A difusão destas tecnologias tem sido acompanhada de um engajamento crescente de amadores e especialistas em comunidades de prática *online*. As comunidades de prática formadas em torno destas tecnologias disponibilizam acesso aberto a inúmeros experimentos e projetos realizados, tutoriais e demonstrações.

As comunidades de prática *online* muitas vezes contam com espaços para compartilhar não somente soluções, mas também dificuldades de desenvolvimento. Ao assumir uma postura de desenvolvimento aberto, publicando experimentos parciais, muitos desenvolvedores recebem contribuições para o andamento de projetos estagnados por falta de conhecimento técnico.

Além disso observa-se que a crescente disponibilidade de registros de projetos realizados (bem-sucedidos ou não) facilita a aprendizagem técnica necessária ao desenvolvimento de projetos com estas tecnologias.

Gershenfeld observou que o processo de aprendizagem técnica por não-especialistas se dá mais por demanda de conhecimentos do que por oferta programática, em um tipo de modelo educacional '*just-in-time*' (2005, p. 7).

A aprendizagem pela participação em comunidades de prática se mostra uma alternativa alinhada com esta ideia.

No caso dos sistemas computacionais embarcados uma das formas mais comuns de aprendizagem são as fichas técnicas (*datasheet*) disponibilizadas para cada componente. Estas fichas são fundamentais para compreender modos de

funcionamento e a compatibilidade entre componentes na montagem de circuitos eletrônicos. São muito úteis para componentes simples.

Entretanto, quando se trata de microcontroladores esse material passa a ser mais um material de referência do que de fato um material de estudo. As fichas técnicas de alguns dos microcontroladores mais simples (e.g. AVR 8-bit Attiny) podem ter mais de 230 páginas de informação em linguagem técnica.

Além destas fichas são publicadas notas de aplicação, vídeos e seminários *online*. No entanto, todo este conteúdo é direcionado a profissionais da engenharia e pouco acessível às pessoas que não tenham uma formação técnica sólida.

Já nos sistemas paramétricos e generativos partes de código publicadas servem à aprendizagem e também como módulos que podem ser ajustados e reutilizados.

Bibliotecas são escritas por usuários e disponibilizadas para melhorias incrementais por desenvolvimento aberto para sistemas como o Processing²¹ e o desenvolvimento de projetos visuais.

Algo muito similar acontece com o desenvolvimento de *plug-ins* para programas de modelagem tridimensional.

Estes desenvolvimentos incluem adições de *software* que permitem conectar ambientes físicos e virtuais de experimentação (PAYNE e JOHNSON, 2013), simulações virtuais baseadas nas leis da físicas e na biologia (RUTTEN, 2013), ferramentas para facilitar modelagem tridimensional orgânica (PIACENTINO, 2013) e coleções de algoritmos de simulação baseados nas práticas analógicas de *form-finding* usadas por Frei Otto e Gaudí (PIKER, 2013), por exemplo.

Assim, nas comunidades de prática não somente o conhecimento é difundido e a aprendizagem facilitada, como também desenvolvimentos são compartilhados e as próprias tecnologias experimentais avançam.

5.2.2 Determinismo tecnológico em processos de design auxiliado por algoritmos

Antes de finalizar este capítulo cabe fazer uma breve consideração a respeito do risco implícito de determinismo tecnológico, em especial nas dinâmicas de design paramétrico e generativo.

Meios de representação seculares relativamente estáveis (papel, instrumentos de desenho, régua e compasso) associados ao uso de tipologias de

²¹ e.g. OpenFrameworks e Cinder.

precedentes constituíram um sistema que permitiu arquitetos e designers explorarem e refinarem variações na produção formal (*form-making*). Este modo convencional de produção da forma foi contestado na arquitetura ainda no fim do século XIX pela rejeição das tipologias de precedentes que tiveram seu lugar tomado por uma postura de descoberta da forma (*form-finding*), com práticas que compreendiam investigações sobre relacionamentos complexos entre materiais, forma e estruturas (TEDESCHI, 2014, p. 18).

Esta segunda abordagem, de descoberta da forma, se apoiou inicialmente em aparatos analógicos e modelos físicos como películas de sabão para a descoberta de superfícies mínimas e tecidos suspensos para investigar abóbodas e estruturas tensionadas, resultando na descoberta de curvas catenárias e outras formas funiculares, com experimentos notáveis realizados por Frei Otto e Gaudí (PUGNALE, 2014, p. 355).

Estas práticas apontam para a invenção e a descoberta de processos geradores de formas.

Explorações recentes indicam, por exemplo, investigações que revelam dinâmicas generativas naturais, seguidas da criação de processos digitais para a produção formal a partir das dinâmicas descobertas (BENJAMIN, NAGY e OLGUIN, 2014).

Uma postura voltada apenas para a descoberta da forma introduz o risco do determinismo tecnológico. Em sistemas generativos está implícita alguma automatização do processo de produção formal.

Entretanto, o designer cria o algoritmo e, portanto, como Dawkins (2001) observou, o processo de descoberta não deixa de ser também um processo criativo.

O algoritmo que determina a forma não é aleatório, ou seja, é dependente da criação humana e ainda assim os resultados produzidos pelo sistema podem ser imprevisíveis (ATKINSON, *et al.*, 2008, p. 194/5).

Essa questão levanta a inadequação da noção de controle sobre estes sistemas. Criá-los e operá-los requer que se aprenda a aceitar o aspecto incontrolável da exploração criativa (SCHUMACHER e KRISH, 2010, p. 4).

Como se destacou, o designer passa a ser o construtor das ferramentas digitais que ele mesmo utiliza. Ao assumir um papel duplo, configura ao mesmo tempo as relações determinantes sobre as saídas do processo paramétrico ou generativo e, por decorrência, também as saídas do processo, ainda que estas últimas possam ser surpreendentes.

Neste capítulo são apresentadas a condução da pesquisa e os casos investigados.

Embora no primeiro capítulo deste trabalho tenha sido introduzida a condução metodológica da pesquisa, entendeu-se necessário separar o conteúdo deste capítulo, uma vez que as opções assumidas aqui se deram após as elaborações dos capítulos anteriores e foram influenciadas por estas elaborações.

A seleção dos casos que compuseram a amostragem teórica do trabalho, por exemplo, teve como primeiro critério os eixos tecnológicos explorados no capítulo 5 e o protocolo de pesquisa adotado foi elaborado a partir de uma estrutura analítica sintetizada a partir dos conteúdos tratados nos capítulos 2, 3 e 4 e aprimorado ao longo da pesquisa empírica.

Este capítulo apresenta, portanto, detalhes da condução da pesquisa, em especial os procedimentos de seleção de casos, as fontes de evidências empíricas utilizadas e o protocolo de pesquisa, por fim, os casos selecionados são introduzidos.

6.1 Seleção de casos por amostragem teórica

Conforme foi colocado na introdução desta tese, uma vez que não há intenção de generalização estatística, a amostragem em estudo de casos é teórica e não aleatória. Faz sentido selecionar casos que atendam a categorias conceituais a fim de se obter uma amostragem teórica heterogênea, uma vez que esta amostragem é determinante sobre a abrangência da produção teórica da pesquisa (EISENHARDT, 1989, p. 537).

A seleção de casos candidatos teve início com um mapeamento informal e não sistemático da produção em design pós-industrial.

Uma vez que neste trabalho se considera que o advento de uma crescente disponibilidade tecnológica é um fator preponderante para a emergência de um design pós-industrial baseado na experimentação, os três eixos tecnológicos apresentados no capítulo anterior (fabricação digital, interfaces físicas com

computação embarcada e sistemas paramétricos e generativos) foram adotados como o primeiro critério de seleção de casos.

Durante o mapeamento dos possíveis casos candidatos foi identificado ainda um quarto eixo tecnológico. Alguns grupos produzem sua própria tecnologia de experimentação e produção. Assim, a 'autoprodução da tecnologia experimental' foi introduzida como uma quarta categoria amostral.

Embora tenham sido organizados nestas quatro categorias tecnológicas, alguns grupos apresentam produção em mais de uma destas categorias. O procedimento adotado para situar estes grupos foi relativamente simples, considerou-se o eixo tecnológico que fosse proeminente na produção do grupo.

O contexto em que se dá a experimentação em design foi adotado como segundo critério de seleção de casos.

Foram identificados 'grupos associados a fornecedores de tecnologias de produção e experimentação', em especial a fornecedores de serviços, *softwares* e máquinas para manufatura aditiva. Grupos que produzem mais por motivação própria do que por demanda comercial, aqui chamados de 'estúdios e coletivos independentes'. E, por fim, 'escritórios' prestadores de serviços motivados por demandas específicas. Estes três contextos foram as categorias adotadas para estratificação.

Mesmo internamente a cada uma destas categorias, se procurou por casos candidatos heterogêneos e, preferencialmente, por mais de um caso por categoria, de modo que se pudesse enriquecer a amostra.

Os grupos com produção menos expressiva foram excluídos e os demais, mantidos como casos candidatos. A seleção de casos candidatos resultou em um conjunto de quatorze grupos, apresentado no Quadro 6.

O principal critério adotado para a seleção dos casos que permaneceram na pesquisa foi a disponibilidade de informações e evidências empíricas.

Como não se poderia saber neste ponto da pesquisa quais grupos responderiam positivamente ao convite para participar, foram identificados contatos de indivíduos participantes em todos os casos candidatos.

Não foi possível identificar os contatos de todos membros dos grupos. Muitos dos contatos que não foram identificados são de pessoas que não publicam um meio de contato direto (como endereço de *e-mail*), outros, são de pessoas que estão afastadas do grupo em questão, ou mesmo das práticas de design, portanto optou-se por não convidá-las.

Quadro 6 – Casos candidatos

| Perfil do grupo | Grupos associados a fornecedores de tecnologias | Estúdios e coletivos independentes | Escritórios |
|--|--|--|-------------------------|
| Base tecnológica | | | |
| Fabricação digital | <i>Materialise.MGX</i> <i>Freedom of Creation</i> | - | <i>Emerging Objects</i> |
| Interfaces físicas com computação embarcada | - | <i>Assembled in Sweden</i> <i>QuirkBot</i> | <i>Minimaforms</i> |
| Sistemas paramétricos e generativos | - | <i>Nervous System</i> <i>Onformative</i> | <i>Design I/O</i> |
| Autoprodução da tecnologia experimental | - | <i>Creative Factory</i> <i>Unfold</i> <i>Formafantasma</i> | - |

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, 40 indivíduos participantes dos grupos (casos candidatos) foram convidados a participar da pesquisa (Quadro 7).

Quadro 7 – Número de indivíduos convidados por grupo criativo

| Base tecnológica | Grupo criativo | No. de pessoas que participam de atividades criativas no grupo | Número de pessoas convidadas a participar |
|---|----------------------------|--|---|
| Fabricação digital | <i>Materialise.MGX</i> | 23 | 11 |
| | <i>Freedom of Creation</i> | 38 | 5 |
| | <i>Emerging Objects</i> | 2 | 2 |
| Interfaces físicas com computação embarcada | <i>Assembled in Sweden</i> | 16 | 3 |
| | <i>QuirkBot</i> | 4 | 3 |
| | <i>Minimaforms</i> | 2 | 1 |
| Sistemas paramétricos e generativos | <i>Nervous System</i> | 2 | 2 |
| | <i>Onformative</i> | 4 | 4 |
| | <i>Design I/O</i> | 3 | 3 |
| Autoprodução da tecnologia experimental | <i>Creative Factory</i> | 2 | 2 |
| | <i>Unfold</i> | 2 | 2 |
| | <i>Formafantasma</i> | 2 | 2 |
| Total | | | 40 |

Fonte: elaborado pelo autor.

O interesse individual para participar da pesquisa e fornecer dados primários, ao lado da disponibilidade de conteúdos publicados sobre cada grupo, foram os fatores determinantes de um conjunto amostral final.

Os casos candidatos situados na categoria ‘escritórios’ apresentaram uma disponibilidade de informações publicadas muito menor do que os demais. Além disso, nenhum dos indivíduos convidados desta categoria se dispôs a participar diretamente da pesquisa, portanto, estes casos não entraram no conjunto amostral.

Assim, a amostragem teórica foi composta por oito grupos criativos, conforme apresenta o Quadro 8.

Quadro 8 – Amostragem teórica: casos selecionados

| Perfil do grupo | Grupos associados a fornecedores de tecnologias | Estúdios e Coletivos independentes |
|--|--|---|
| Base tecnológica | | |
| Fabricação digital | <i>Materialise.MGX</i> <i>Freedom of Creation</i> | - |
| Interfaces físicas com computação embarcada | - | <i>Assembled in Sweden</i> <i>QuirkBot</i> |
| Sistemas paramétricos e generativos | - | <i>Nervous System</i> <i>Onformative</i> |
| Autoprodução da tecnologia experimental | - | <i>Creative Factory</i> <i>Unfold</i> |

Fonte: elaborado pelo autor.

6.2 Condução da pesquisa e fontes de evidência

Conforme mencionou-se na introdução deste trabalho, o uso de múltiplas fontes de evidência é um procedimento indicado para se alcançar consistência na investigação do estudo de caso.

Na condução desta pesquisa procurou-se por diversas fontes de evidências e a pesquisa empírica cobriu evidências primárias e secundárias.

Inicialmente foi realizada uma busca pelos materiais de divulgação publicados pelos próprios grupos criativos, nos quais se procurou por

entendimentos iniciais a respeito de como cada grupo se define, se organiza e do que cada grupo cria ou produz.

Em um segundo momento foram coletadas evidências documentais, tais como entrevistas publicadas (textuais, em áudio e em vídeo), vídeos contendo palestras e outras apresentações orais dos grupos em eventos e ainda outras publicações dispersas sobre os grupos e suas produções.

Para a coleta de dados primários, a primeira opção foi entrevistar participantes de cada grupo.

Um dos participantes do grupo *Assembled in Sweden* foi convidado e aceitou participar da pesquisa. A partir daí foi conduzido um estudo piloto.

Os dados secundários coletados, relacionados ao grupo, foram revisados. Preparou-se um roteiro aberto para a entrevista. Como o convidado alterna temporadas entre Estocolmo (GTM+2) e Shenzhen (GTM+8), se tomou um cuidado especial com fusos horários. Além disso, as tecnologias de videoconferência *online* e de gravação foram testadas localmente. Ainda assim ocorreram transtornos²² no estudo piloto que motivaram uma mudança de abordagem.

O roteiro elaborado para a entrevista foi aprimorado a partir das respostas obtidas no estudo piloto. Esta segunda versão do roteiro para entrevistas foi ajustada também na forma de um questionário com doze questões abertas (sem limite para a extensão das respostas) e três fechadas e um serviço de coleta de dados *online* foi contratado para hospedar o questionário e armazenar as respostas.

A mesma estrutura foi utilizada para o questionário e para orientar as entrevistas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Todos os 40 contatos identificados foram convidados a participar da pesquisa, nominalmente, e de acordo com os termos aprovados por comissão de ética em pesquisa.

Aos 40 convidados foram abertas as opções de responder ao questionário ou de agendar uma entrevista por videoconferência *online*, tendo em vista que nenhum dos grupos selecionados é brasileiro.

Cinco dos quarenta convidados aceitaram participar diretamente da pesquisa. Apenas dois agendaram e concederam entrevistas e três responderam

²² No estudo piloto a duração da entrevista havia sido estimada em aproximadamente 30 minutos. Problemas técnicos com a videoconferência online fizeram o início da entrevista atrasar cerca de 15 minutos. Para que pudesse ser realizada, o primeiro computador teve de ser substituído, a videoconferência passou a ser uma áudio-conferência, ainda assim, problemas na transmissão de voz comprometeram trechos finais da entrevista.

o questionário (Quadro 9). As entrevistas subsequentes foram conduzidas sem grandes dificuldades, a não ser pela tecnologia de gravação que não funcionou, inviabilizando o registro das entrevistas na íntegra.

Quadro 9 – Participações individuais diretas por grupo criativo

| Base tecnológica | Grupo criativo | Número de indivíduos convidados | Número de participações diretas | Tipo de participação direta |
|---|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Fabricação digital | <i>Materialise.MGX</i> | 11 | 1 (participante A) | Entrevista |
| | <i>Freedom of Creation</i> | 5 | 1 (participante B) | Conversa informal |
| Interfaces físicas com computação embarcada | <i>Assembled in Sweden</i> | 3 | 1 (participante C) | Entrevista |
| | <i>QuirkBot</i> | 3 | 1 (participante D) | Questionário e conversa informal |
| Sistemas paramétricos e generativos | <i>Nervous System</i> | 2 | - | - |
| | <i>Onformative</i> | 4 | - | - |
| Autoprodução da tecnologia experimental | <i>Creative Factory</i> | 2 | 1 (participante E) | Questionário |
| | <i>Unfold</i> | 2 | 1 (participante F) | Questionário |
| Totais | | 40 | 6 | - |

Fonte: elaborado pelo autor.

Seis participações individuais diretas na pesquisa, obtidas a partir de quarenta convites, poderiam sugerir insuficiência de evidências para a pesquisa, entretanto, cabe lembrar que esta não é uma pesquisa estatística ou quantitativa e ainda, que a participação direta não foi a única fonte de evidências empíricas.

Indivíduos de seis dos oito grupos criativos contribuíram diretamente para esta pesquisa, respondendo ao questionário, cedendo entrevistas ou participando de conversas informais.

A conversa informal foi um recurso complementar adotado para a coleta direta de evidências, usada com um dos convidados que aceitaram participar da pesquisa para completar informações obtidas por questionário (participante D, *QuirkBot*) e para obter informações consideradas fundamentais de um convidado que aceitou participar apenas pela conversa informal e não quis ceder uma entrevista completa e nem responder ao questionário (participante B, *Freedom of Creation*).

Além destas participações diretas, a pesquisa documental a partir de outras fontes de evidências empíricas foi fundamental no estudo dos oito casos. Entrevistas em áudio, vídeo e textuais; gravações em vídeo de apresentações dos

participantes dos grupos em eventos e palestras; o discurso dos grupos por seus próprios materiais de divulgação e canais de comunicação; e, a produção experimental de cada grupo foram fontes de evidências investigadas para cada um dos oito casos.

Estas foram as principais fontes de evidência de dados secundários para o estudo de casos.

De maneira complementar, comunidades de prática que emergiram em torno das tecnologias para experimentação (indicadas no Capítulo 5) foram identificadas (Quadro 10) e investigadas de maneira não sistemática e não exaustiva.

Quadro 10 – Comunidades de prática por base tecnológica

| Base tecnológica | Fabricação digital | Computação embarcada | Sistemas paramétricos e generativos | Autoprodução da tecnologia experimental |
|-------------------------------|--|--|--|---|
| Comunidades de prática | <i>Opendesk</i> <i>OpenStructures</i> <i>Thingiverse</i> <i>Shapeways</i> <i>i.materialise</i> | <i>Arduino Forum</i> <i>Adafruit Forum</i> <i>Sparkfun Forum</i> | <i>Processing Foundation</i> <i>Grasshopper 3D</i> <i>Github</i> | - |
| | <i>Instructables</i> <i>Wevolver</i> | | | |

Fonte: elaborado pelo autor.

Algumas destas comunidades têm um volume imenso de informações. O tema ‘orientações para projeto’, por exemplo, no fórum Arduino concentra mais de 350 mil comentários agrupados em quase 50 mil tópicos. A ideia de esgotar evidências a partir destas comunidades não faz sentido no escopo desta pesquisa.

Contudo, uma visão geral sobre as atividades nestas comunidades não deixa de ser importante. Algumas destas comunidades contêm inúmeros registros de experimentos e de interações colaborativas em torno destes experimentos.

Assim, ainda que acessadas em menor profundidade do que as demais fontes de dados secundários, as comunidades de prática *online* completam o conjunto de fontes de evidências empíricas consideradas para a pesquisa.

6.3 Estrutura analítica e protocolo de pesquisa

A estruturação categórica é considerada uma etapa fundamental para a análise de conteúdos qualitativos (GRAY, 2012, p. 405).

Os conteúdos organizados e discutidos nos primeiros capítulos deste trabalho orientaram a elaboração de uma estrutura analítica pela definição de categorias iniciais.

Estas categorias foram tratadas com certa flexibilidade ao longo da pesquisa, uma vez que a coleta de informações não é cega ou mecânica e contribui para a elaboração da percepção do fenômeno pelo pesquisador (LAVILLE e DIONNE, 1999, p. 215).

Assim, se pode dizer que a estrutura analítica foi desenvolvida ao longo da pesquisa empírica.

A estrutura desenhada pela definição de categorias analíticas determinou um único protocolo de pesquisa, adotado para orientar a coleta e organizar evidências obtidas para todos os casos investigados.

As categorias do protocolo foram revisadas na medida em que as primeiras versões não acomodavam evidências coletadas percebidas como contribuições importantes para a pesquisa. Deste modo, o protocolo de pesquisa foi construído até ganhar a forma apresentada no Quadro 11.

A estrutura categórica deste protocolo orientou a coleta de evidências primárias e secundárias.

As entrevistas foram conduzidas a partir destas categorias de acordo com um roteiro que segue a mesma estrutura de perguntas usada no questionário (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

O mesmo protocolo orientou a coleta e organização de dados secundários a partir de entrevistas publicadas, apresentações orais em eventos, palestras e materiais de divulgação dos grupos.

A análise reflexiva subsequente à coleta destas evidências também partiu desta estrutura, que termina por orientar a própria organização das contribuições desta tese, apresentadas nos próximos capítulos.

Quadro 11 – Protocolo de coleta de evidências empíricas

Processo de design e experimentação

Características do processo de design

Distribuição de esforços entre 'pesquisa e pensamento analítico' e 'design e experimentação' no processo

Importância relativa da experimentação no processo

Evidências de tipos de experimentos

Evidências da organização de ciclos experimentais

Evidências do aproveitamento de experimentos realizados em projetos subsequentes

Evidências de registros de experimentos

| |
|--|
| Estratégia de design e experimentação Características do artefato predefinidas / indefinidas no início do processo Visão ou Intenção de design no início do processo Definição de conceito no tempo (antes do projeto, durante o projeto, ambos) Unicidade e multiplicidade conceitual em projetos Evidências de articulação entre construtos da experimentação (processo, artefato, tecnologias e laboratório) e efeito estratégico |
| Aprendizagem e descoberta Tipos de descobertas que podem acontecer durante a experimentação / frequência Aprendizagem durante a experimentação (intencional, espontânea, ambas) Participação em comunidades de prática / opinião sobre comunidades de prática Aprendizagem colaborativa |
| Artefato experimental Artefato pré-concebido / concebido durante a experimentação Como artefatos espelham tecnologias de experimentação e de produção |
| Tecnologias de apoio ao projeto Evidências da escolha entre as opções de tecnologias-chave (de base) Evidências do uso de tecnologias complementares (e.g. serviços externos) Evidências de combinações entre tecnologias (uso equilibrado, não apenas como apoio) |
| Laboratório Evidências de laboratório dedicado Evidências de laboratório distribuído Facilidade de acesso às tecnologias de experimentação e produção Grau de isolamento-sobreposição entre tecnologias de experimentação e produção Grau de definição de configurações experimentais |
| Times criativos Heterogeneidade / homogeneidade de perfis Evidências de colaboração com pessoas externas ao grupo |

Fonte: elaborado pelo autor.

A próxima seção apresenta uma caracterização inicial dos casos selecionados e investigados.

6.4 Apresentação dos casos

Esta é uma seção introdutória para o estudo de casos múltiplos que será apresentado nos capítulos seguintes.

Nesta seção os casos são apresentados individualmente, para que se possa ter um primeiro acesso às suas particularidades e perceber como estes casos, juntos, constituem um conjunto amostral.

A apresentação dos casos segue uma mesma organização.

Primeiro, o modo como cada grupo criativo se descreve é apresentado. Depois, esta descrição é complementada com uma breve análise sobre a produção de cada grupo. Por fim, características da composição das equipes de desenvolvimento são evidenciadas.

6.4.1 Freedom of Creation (FoC)

Fundada em 2000, em Amsterdam, *Freedom of Creation* (FoC) era apresentada como uma companhia de design e de aplicações comerciais de tecnologias de impressão 3D. Em meados de 2011 a *Freedom of Creation* foi incorporada pela 3D Systems²³, fabricante de máquinas de manufatura aditiva. Desde então as publicações sobre o grupo foram praticamente interrompidas.

Contudo, dado o pioneirismo da iniciativa e o fato de que ela alcançou um sucesso considerável, chegando a contar com mais de 30 designers colaboradores²⁴ fez com que se optasse por manter o grupo na pesquisa.

A empresa que adquiriu a *Freedom of Creation* apresenta a iniciativa:

FoC foi uma companhia pioneira de design e pesquisa especializada em tecnologias de impressão 3D. O produto deste trabalho foi parte da coleção FoC ou comercializado por marcas de design. Desde 2000 esta pesquisa extensiva resultou em um grande número de produtos comerciais inovadores, no desenvolvimento de novos materiais industriais e *softwares*, e foi a fundação para projetos de pesquisa e desenvolvimento significantes com uma gama de parceiros industriais. Nossos produtos têm sido publicados e exibidos pelo mundo. Eles também têm sido selecionados para coleções permanentes de museus e recebido vários elogios pelo seu design em todo o mundo.²⁵

A produção do grupo compreende produtos para iluminação, móveis, utensílios domésticos, acessórios de moda e produtos baseados no conceito de têxteis produzidos por impressão 3D, criado por Jiri Evenhuis.

Freedom of Creation é o grupo com maior número de colaboradores (foram identificados 38). No entanto, a maior parte dos projetos é assinado individualmente.

Além da coleção da marca, o grupo participou de projetos com grandes empresas, inclusive com a *Materialise*.

O trabalho colaborativo entre *Materialise* e *Freedom of Creation* levou ao desenvolvimento de uma coleção de oito luminárias. Janne Kytönen vislumbrou o nome (.MGX) para esta nova marca, que se tornou um departamento novo na *Materialise*. Os designs de Janne Kytönen e Jiri Evenhuis lançaram as fundações para esta nova marca e departamento e desde então vários outros designers se juntaram a esta coleção (FOC, 2011, p.170)²⁶.

²³ 3D Systems acquires Freedom of Creation. Disponível em: <<http://www.3dsystems.com/blog/2011/05/3d-systems-acquires-freedom-creation>>. Acesso em 22 out. 2016.

²⁴ FOC - *Freedom of Creation: collection* 2011. Amsterdam: FoC B.V., 2011.

²⁵ 3D SYSTEMS. *Freedom of Creation | 3D Systems*. Disponível em: <<http://www.3dsystems.com/blog/foc>>. Acesso em 25 out. 2016.

²⁶ FOC - *Freedom of Creation: collection* 2011. Amsterdam: FoC B.V., 2011.

6.4.2 Materialise.MGX

.MGX é um departamento da *Materialise*, empresa fornecedora de *software* e prestadora de serviços de produção por manufatura aditiva²⁷.

A ideia por trás do departamento é estabelecer colaborações com designers e artistas para promover a difusão das tecnologias usadas pela empresa:

[...] é realmente difícil vender estas tecnologias [de impressão 3D] para um grande público, então nós tentamos colaborar com mentes criativas e tentamos trazê-los para a linha de frente de modo que outras pessoas possam ver o que se pode fazer com estas tecnologias (DEBO, J., 2010, informação verbal)²⁸

O catálogo do .MGX compreende objetos para iluminação, móveis, utilidades domésticas, adornos e acessórios de moda. Estes objetos são comercializados *online* pela empresa.

A coleção de objetos do .MGX explora o espaço aberto pelas tecnologias de impressão 3D (manufatura aditiva) com objetos que não seriam tecnicamente ou economicamente viáveis por meios de fabricação tradicionais. “Desde o início do departamento, Materialise.MGX tem procurado por ideias inovadoras, preferivelmente aquelas que pareçam quase impossíveis de produzir.”²⁹

O departamento apresenta colaborações com 23 designers e artistas. Estes colaboradores mantêm seus próprios estúdios ou outras iniciativas pessoais (como pesquisa e docência).

As colaborações são pontuais ou esporádicas e se dão entre designer convidado e a empresa. Aparentemente há pouca interação entre os diferentes colaboradores externos.

De acordo com o colaborador deste grupo que concedeu entrevista para esta pesquisa, sua colaboração foi um tipo de trabalho encomendado pela empresa.

Embora se tenha constituído um tipo de vitrine para o design de objetos produzidos por manufatura aditiva, não se trata exatamente de um grupo criativo consistente, mas sim de um conjunto diversificado de colaborações e projetos agrupados.

²⁷ *About Materialise*. Disponível em: <<http://www.materialise.com/about-materialise>>. Acesso em 25 de out. 2016.

²⁸ DEBO, Joris. An Interview with Joris Debo from Materialise.MGX. *Art and Technology Podcast*, n.3, 2010. (entrevista). Disponível em: <<http://digitalsculpting.net/20-2/>>. Acesso em 25 out. 2016.

²⁹ MATERIALISE. *MGX by Materialise: materialise your dreams*. Leuven: 2008.

6.4.3 Assembled in Sweden

Fundado em 2014, o grupo *Assembled in Sweden* se apresenta como um coletivo que cria produtos e experiências por meio de conexões entre o mundo físico e o virtual³⁰.

O grupo apresenta uma produção muito heterogênea, que varia de projetos de imersão em realidade virtual como *EyesInSpace*, que propicia a experiência de ver o planeta terra do espaço, à prototipagem experimental de grandes estruturas geométricas (*Fraktalfabriken*).

Os projetos incluem instrumentos musicais microcontrolados, expositores e suportes que fazem objetos levitarem, que permitem movimentos do objeto flutuante controlados por uma interface física (*joystick*) ou ainda o suprimento de energia sem fio, por indução eletromagnética (lâmpada *Flyte*).

Membros do grupo participaram do desenvolvimento do *QuirkBot* e do projeto *Strawbees* (abordados na próxima seção).

Assembled in Sweden é o coletivo independente com mais membros (16) entre os grupos selecionados para esta pesquisa. Como se poderia prever um coletivo de pessoas com formações muito heterogêneas. Participantes do coletivo se reagrupam em pequenos grupos, normalmente de duas ou três pessoas, por projeto.

6.4.4 QuirkBot

QuirkBot é uma pequena *startup* (empresa nascente) centrada em um produto homônimo, uma placa com um microcontrolador para o desenvolvimento de robôs de brinquedo com canudinhos.

A placa *QuirkBot* é comercializada em um kit básico junto a alguns LEDs³¹, sensores de luz e um pequeno servo-motor. O sistema-produto compreende ainda uma interface visual simplificada para programação *online* da placa microcontrolada.

Se o Arduino representa um avanço em direção à facilidade de uso e programação de microcontroladores por não-engenheiros, o *QuirkBot* representa um outro avanço no mesmo sentido, tornando possível a programação de microcontroladores por crianças.

³⁰ *Assembled in Sweden*. Disponível em: < <http://www.assembledinsweden.com> >. Acesso em 25 de out. 2016.

³¹ Diodo emissor de luz.

A *QuirkBot* foi criada a partir do evento *Kids Hack Day*, que já teve mais de quinze edições em cinco continentes, inclusive uma no Brasil.

Viabilizado por uma campanha de financiamento coletivo em 2015, o produto foi definido pelo grupo como “um brinquedo que permite a você criar e programar seus próprios robôs e fazer seus próprios brinquedos.”³²

O projeto *Strawbees* é uma parte importante para o funcionamento do *QuirkBot*. *Strawbees* são, basicamente, três componentes cortados de chapas plásticas que permitem uma multiplicidade de conexões com canudos.³³ No *QuirkBot*, as construções feitas com canudos interconectados por estas conexões plásticas recebem componentes eletrônicos e uma placa programável.

Os quatro membros do grupo têm formações complementares, um engenheiro administrador, outro que trabalha diretamente com desenvolvimento de produto, um programador e um designer gráfico.

6.4.5 Nervous System

Fundado em 2007, *Nervous System* se apresenta como um estúdio de design generativo.

Nós criamos usando um processo novo que emprega simulações computadorizadas para gerar designs e fabricação digital para realizar produtos. Inspirados por fenômenos naturais nós escrevemos programas de computador baseados em processos e padrões encontrados na natureza e usamos estes programas para criar arte, acessórios e utilidades domésticas únicas e acessíveis.³⁴

A produção do *Nervous System* é baseada nos processos generativos criados pelo estúdio. Produtos como joias e outros adornos para o corpo, quebra-cabeças, luminárias e vestidos são produzidos por tecnologias de fabricação digital a partir das definições geométricas criadas com o auxílio dos processos generativos.

Os sistemas generativos do grupo têm dois grupos de usuários principais. Aplicativos foram desenvolvidos para que os consumidores possam operar com facilidade interfaces *online* e customizar peças, e, por outro lado, o próprio pessoal do estúdio seleciona algumas geometrias que são encaminhadas para produção e comercializadas diretamente pelo grupo.

³² Kickstarter. *QuirkBot: Make your own robots with drink straws*. 2015. Disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/1687812426/quirkbot-make-your-own-robots-with-drinking-straws>>. Acesso em 24 out. 2016.

³³ *Strawbees*. Disponível em: <<http://strawbees.com/>>. Acesso em 25 out. 2016.

³⁴ *Nervous System | About us*. Disponível em: <http://n-e-r-v-o-u-s.com/about_us.php>. Acesso em: 27 out. 2016.

Os projetos são desenvolvidos pela dupla que conduz o estúdio, com formações complementares, um em arquitetura e biologia, e outro, em matemática e ciência da computação.

6.4.6 Onformative

Situado em Berlim, fundado em 2010, *Onformative* é apresentado como um estúdio de arte e design digital.

O processo criativo tem uma importância central no discurso do grupo,

Por uma prática experimental nós criamos trabalhos significativos para desafiar os limites entre arte, design e tecnologia. [...] Nossa gama de experiências e conhecimentos é conectada por um fascínio comum com o processo criativo de exploração e por um interesse naquilo que ainda é desconhecido.³⁵

Outro aspecto que marca a apresentação do grupo é uma ênfase na participação em comunidades de prática.

“*Onformative* cresceu a partir da comunidade de programação criativa onde inicialmente lançamos raízes pela elaboração de bibliotecas [de código], condução de oficinas e palestras sobre o tema design generativo.”³⁶

A produção do grupo é composta principalmente por imagens em movimento (*motion graphics*) desenvolvidas para grandes marcas e produtos de alto luxo. Além das saídas em vídeo, compreende instalações, peças visuais interativas para exposições e pontos de venda em ambientes reais e virtuais. O portfólio do grupo contém ainda uma ferramenta generativa para criação de elementos visuais para o sistema de identidade visual de uma indústria farmacêutica.

Os membros do grupo têm formação similar (design de mídia), embora acumulem práticas de criação e desenvolvimento com outros papéis distintos (direção de arte, planejamento estratégico do estúdio, direção de projetos). Um dos fundadores tem experiência docente.

6.4.7 Creative Factory

Creative Factory teve início em 2011, o grupo se descreve como coletivo de designers;

Creative Factory é um coletivo de designers reivindicando controle sobre suas criações. Dentro de uma fábrica vazia em Eindhoven eles criam sua linha de produção individual, suas máquinas, ferramentas e produtos, enquanto

³⁵ *Onformative. Studio*. Disponível em: <<http://onformative.com/studio>>. Acesso em 20 out. 2016.

³⁶ *Ibid.*

estabelecem relações com a comunidade ao seu redor. A fábrica criativa sugere uma alternativa para a industrialização, produção e consumo.³⁷

Em duas linhas de produção individuais criadas pelo coletivo, os designers fabricam vasos, bancos e luminárias de resina. Nestes projetos, a criação principal do coletivo é a própria linha de produção operada por um indivíduo (membro do coletivo) que permite a criação e a fabricação de artefatos.

Em outro projeto, *Impulsive Furniture Unit*, o grupo criou e desenvolveu uma fresadora CNC para produção de mobiliário *in loco* em ambientes comerciais, de modo que o proprietário de um restaurante ou de um hotel, por exemplo, possa fabricar os móveis que são usados no seu estabelecimento.

Imagine que você vai a um restaurante e lhe dizem: espere cinco minutos porque sua mesa estará pronta. E eles realmente fazem a mesa para você. Porque o restaurante está cheio e você precisa de mais uma cadeira ou mais uma mesa. (OHALY, I.; VAILLY, T., 2013, informação verbal)³⁸

Os membros do grupo atuaram como curadores para a exposição C-Fabriek, durante a *Dutch Design Week*, em 2012, quando 25 designers criaram suas próprias linhas de produção de vestidos, calçados, comida e papel, entre outros.

6.4.8 Unfold

Unfold se apresenta como um estúdio de design, situado na Antuérpia, Bélgica, fundado em 2002.

Ao se descrever o grupo apresenta uma perspectiva alinhada ao tema desta tese, inclusive no que diz respeito a assumir as mudanças tecnológicas como eixo para um design pós-industrial.

Qual o papel do designer e como ele está mudando em um tempo no qual design e fabricação se tornaram crescentemente mais digitais? Esta questão é chave para entender o trabalho do estúdio de design *Unfold*. O estúdio [...] desenvolve projetos que investigam novos modos de criar, produzir, financiar e distribuir em um contexto em mudança. Um contexto no qual nós vemos uma mistura de aspectos da economia artesanal pré-industrial com métodos de produção de alta tecnologia e redes digitais de comunicação. Um contexto que tem o potencial de transferir poder, dos produtores industriais e daqueles que regulam a infraestrutura para o designer individual e para o consumidor.³⁹

Unfold (desdobrar) seria ainda uma revelação gradual ao entendimento. “Muitos de nossos projetos são muito narrativos e têm muitas camadas

³⁷ VAILLY, Thomas; OHALY, Itay. *The Creative Factory*. 2011. Disponível em: <<http://www.the-machine.be/en/designers/creative-factory/>>. Acesso em 24 out. 2016.

³⁸ OHALY, Itay; VAILLY, Thomas. *Impulsive Furnishing Unit*. (entrevista). Circus Family, 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wBnpvu4ZhHQ>>. Acesso em 24 out. 2016.

³⁹ *Unfold Design Studio. About*. <<http://unfold.be/pages/about>>. Acesso em 20 out. 2016.

incorporadas. Os aspectos físicos são um tipo de materialização de uma estória.” (VERBRUGGEN, D., 2013, informação verbal)⁴⁰

Os projetos do grupo frequentemente têm como objeto processos de produção. Mesmo projetos de artefatos estáticos, como vasos, são reflexos de processos de produção criados ou transformados pelo grupo. Pode-se dizer que *Unfold* tem se mostrado mais interessado no desenvolvimento de ferramentas e processos, dos quais decorrem artefatos de caráter estético único, do que apenas no desenvolvimento de artefatos.

Alguns dos projetos mais expressivos do grupo merecem ser introduzidos.

Of Instruments and Archetypes, de 2014, é um conjunto de ferramentas de medição. Dimensões capturadas de objetos físicos são transferidas para um computador pela ferramenta digital, um objeto virtual recebe as medidas e é ajustado em tempo real na tela, a partir das dimensões capturadas.

Sua ferramenta de medir se torna uma ferramenta de produção. O modo como nós vislumbramos isto é um modo de customização para consumidores [...] nós vemos isso como um tipo de ferramenta essencial em um ecossistema de fabricação digital e impressão 3D (VERBRUGGEN, D., 2015, informação verbal)⁴¹.

The Peddler, de 2013, é um conjunto de objetos que remontam o ferramental da alquimia, formado por difusores e recipientes produzidos pelo processo de impressão 3D com argila, desenvolvido pelo grupo, para experimentação amadora com essências e perfumes.

L'Artisan Électronique, de 2010, um torno de argila virtual no qual o movimento da mão é capturado e conforma 'matéria digital', em seguida o modelo é materializado pela impressora 3D modificada pelo grupo para imprimir com argila.

Por fim, o *Brainwave Sofa*, de 2009, é um sofá cuja forma foi configurada a partir da leitura de ondas cerebrais.

Muitos dos projetos desenvolvidos pelo *Unfold* contam com colaboradores externos.

⁴⁰ VERBRUGGEN, Dries. *SEE Conference #8. The Conference for Visualization of Information*. 2013. (apresentação em evento). Disponível em: <<https://www.see-conference.org/en/archive/see8/>>. Acesso em 20 out. 2016.

⁴¹ VERBRUGGEN, Dries. *Boundaries between analogue and digital tools are becoming irrelevant*. (entrevista). Entrevistador: Ben Hobson. 2015. Disponível em: <<http://www.dezeen.com/2015/03/13/movie-dries-verbruggen-unfold-analogue-digital-tools/>>. Acesso em 20 out. 2016.

7

Experimentação em Design Pós-industrial

Muitas das abordagens metodológicas, em especial as que se relacionam com a gestão do design ou do projeto, são situadas no contexto da organização industrial tradicional e, portanto, se mostram defasadas em relação a novos arranjos e dinâmicas que emergem nas práticas de design pós-industrial.

Nos capítulos iniciais deste trabalho sugeriu-se uma abordagem do design baseada na experimentação como alternativa às metodologias disponíveis para a prática do design em um contexto pós-industrial.

O primeiro passo nesta direção é a identificação de construtos elementares típicos da experimentação em design pós-industrial.

Embora a experimentação em design tenha sido objeto de investigação e elaboração teórica por diferentes correntes teóricas, permanece a carência de uma produção teórica que alcance um mínimo de amplitude e profundidade sobre a experimentação em design pós-industrial, em especial após o advento da disponibilidade tecnológica experimental da primeira década deste século XXI.

Neste capítulo um quadro de referência teórico-conceitual é proposto com o objetivo de preencher esta lacuna. A produção teórica é elaborada a partir da triangulação de evidências empíricas entrelaçadas com proposições teóricas, que por sua vez são relacionadas com a literatura, em especial com o quadro de referência preliminar para a experimentação em design, que é atualizado e expandido em um quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial.

7.1 O artefato experimental pós-industrial

Os artefatos pós-industriais que menos se distanciam da produção industrial parecem ser os produtos da fabricação digital.

A produção dos dois grupos que têm como base tecnológica a fabricação digital (*Freedom of Creation* e .MGX) compartilha algumas características.

Primeiro, os tipos de objetos produzidos são semelhantes. São pequenos móveis, produtos para iluminação, utilidades domésticas e acessórios de moda,

artefatos nos quais a dimensão expressiva e simbólica é preponderante. Usabilidade, funcionalidade e outros aspectos práticos ou comerciais nestes artefatos não diferem muito das características encontradas em artefatos bem conhecidos da produção industrial, nem parecem ser explorados em profundidade.

Ao explorar as possibilidades abertas pelas tecnologias de manufatura aditiva (impressão 3D), ambos os grupos (FoC e .MGX) apresentam uma produção marcada pela complexidade formal (e.g. Figura 8) .

O portfólio de cada grupo contém ainda, um ou outro artefato que comporta certo dinamismo material. No caso da FoC, artefatos baseados na exploração de têxteis produzidos por impressão 3D; no caso da .MGX, um banco retrátil e luminárias que reconfiguram a distribuição de luz pela alternância de posições.

Figura 8 – Banco e cadeira Gaudí – catálogo da *Freedom of Creation*



Fonte: Bram Geenen. Disponível em: <<http://www.bramgeenen.com>>. Acesso em 26 out. 2016. Imagem reproduzida com permissão de Bram Geenen.

Fora a complexidade formal, os artefatos criados por ambos os grupos se assemelham aos produtos das organizações industriais. Há algo de permanente no caráter destes artefatos. São artefatos rígidos, no sentido de que uma vez projetados suas configurações são definidas e eles estão fechados, não mudam.

Depois de produzidos estes artefatos não estão abertos à customização ou a novas transformações.

Nos casos de autoprodução da tecnologia experimental (*Creative Factory* e *Unfold*) a produção dos grupos revela um caráter oposto.

Nas linhas de produção individuais da *Creative Factory*, por exemplo, produção e experimentação se sobrepõem quase que completamente. O arranjo

produtivo é o arranjo experimental e a configuração deste aparato experimental determina a forma dos artefatos.

Uma vez que se assume que a experimentação em design é um processo de concepção e de produção, mesmo nos casos em que há alguma predefinição do artefato (como especificações iniciais) a saída do processo é, ao menos em parte, imprevisível.

A imprevisibilidade da produção experimental é alta nos casos de autoprodução da tecnologia experimental, como ilustra a fala de um dos designers da *Creative Factory*:

[..] você tem um cubo com o vaso ou outro produto dentro e isto é o que eu quero dar aos meus consumidores porque também é a embalagem e eles devem abri-la. Então, o cubo de poliestireno com o objeto dentro, que eles não sabem como ele é, é um tipo de surpresa para eles e também para mim porque eu realmente não sei como ele [o objeto] se parece por dentro [do cubo de isopor que serve como molde e embalagem, antes da retirada do objeto]. (OHALY, I., 2012, informação verbal)⁴²

Figura 9 – Linha individual de produção da *Creative Factory* – Linha 1



Fonte: C-Fabriek - Ohaly. Disponível em: <<http://www.ohaly.com/C-Fabriek>>. Acesso em 25 out. 2016. Imagem reproduzida com permissão de Itay Ohaly.

Se na organização industrial tradicional o desenvolvimento de um projeto precisa ser interrompido para que uma configuração estável entre em linha de produção (produto) – como Krippendorff (1989) interpretou, uma instância do projeto congelada no tempo – no artefato pós-industrial aberto esta definição não se limita a uma única configuração. É delineado um espaço de soluções possíveis

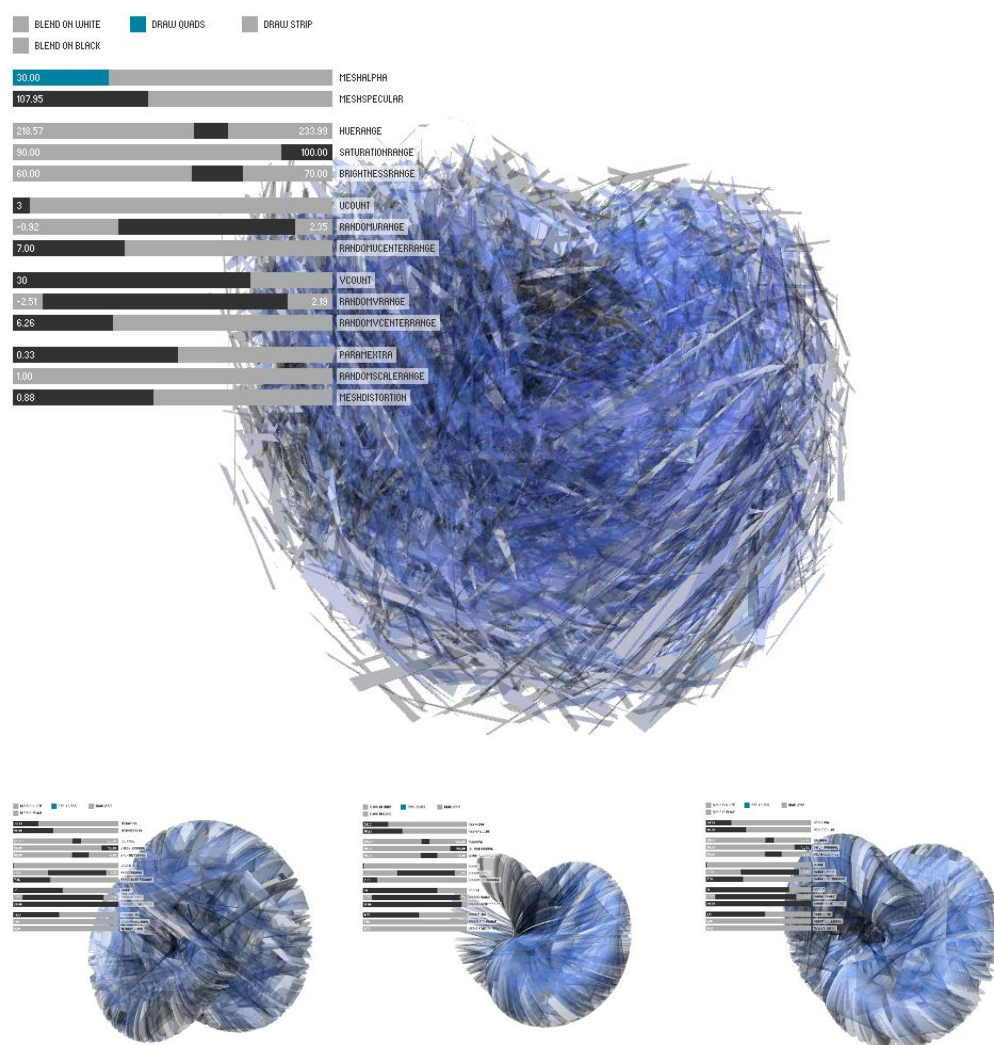
⁴² OHALY, Itay. C-Fabriek Eindhoven. LynFabrikken TV. 2012. Disponível em: <<https://vimeo.com/53582656>>. Acesso em 24 out. 2016.

a partir da concepção de um processo produtivo ou de outro tipo de plataforma ou ferramenta experimental por meio da qual produz as saídas do processo criativo.

Esta é a característica essencial dos casos que criam suas próprias tecnologias de experimentação e produção (*Creative Factory* e *Unfold*).

De modo similar, nos casos que têm como tecnologia experimental de base os sistemas paramétricos e generativos (*Nervous System* e *Onformative*) os artefatos concebidos são, em um primeiro momento, as ferramentas que permitem a concepção de artefatos finais em um segundo momento, estes sim, nestes casos, equivalem às instâncias congeladas no tempo, as saídas finais do processo.

Figura 10 – Instâncias de projeto em uma ferramenta generativa



Fonte: Imagens produzidas pelo autor com ferramenta generativa desenvolvida por BOHNACKER, H.; GROSS, B.; LAUB, J.; LAZZERONI, C. *Generative Gestaltung*. Hermann Schmidt, Mainz, 2009. (*M_3_4_03_TOOL*). Disponível em: <<http://www.generative-gestaltung.de/>>. Acesso em 25 out. 2016. Imagens reproduzidas com permissão de Julia Laub.

Os sistemas paramétricos e generativos podem ser abertos à experimentação por designers, por usuários, ou circuitos fechados.

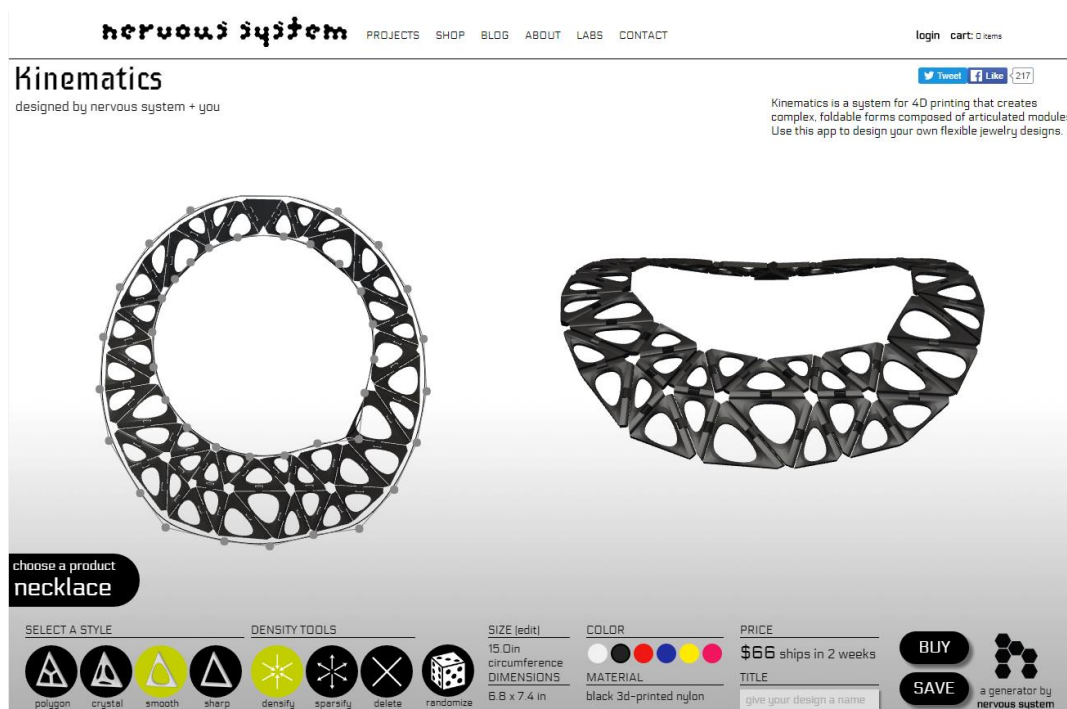
Muito da produção do *Onformative*, por exemplo, são instâncias de um processo que foi encerrado. Embora estas instâncias muitas vezes não representem somente um artefato estático, mas um circuito dinâmico de instâncias que é percorrido de modos distintos, no caso de instalações e outros projetos interativos, ou em um fluxo pré-definido, no caso de animações e vídeos.

Há ainda as impressões gráficas, que correspondem exatamente a instâncias únicas de um processo congeladas no tempo.

A Figura 10 apresenta quatro instâncias de projeto geradas por uma ferramenta generativa de imagens tridimensionais, concebida por um dos membros da *Onformative* e operada pelo autor.

No caso do *Nervous System*, os artefatos experimentais se assemelham às ferramentas generativas para produção gráfica e midiática, contudo, são voltados para a criação de geometrias para fabricação digital (Figura 11).

Figura 11 – Interface e instância de projeto em uma ferramenta generativa



Fonte: *Nervous System - Projects*. Disponível em: <<http://nervo.us>>. Acesso em 25 out. 2016. Imagens reproduzidas com permissão de Margaret Swanson.

Outra diferença observada na produção dos dois grupos é que enquanto as ferramentas desenvolvidas pelo *Onformative* são criadas para serem usadas pelos próprios designers do estúdio, os aplicativos do *Nervous System* são

desenvolvidos para serem usados por consumidores e amadores que, mesmo que leigos em design, podem operá-los com certa facilidade e definir geometrias complexas que podem ser, posteriormente, impressas em 3D.

[...] não é um processo lento, é um pouco de simulação física, você pode brincar com o design e com as estruturas e customizar de um modo divertido... então, nós tentamos fazer estas ferramentas e meio que levar estas possibilidades de complexidade, acessibilidade e variações para as mãos de qualquer um que tenha acesso à internet. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁴³

As ferramentas generativas, a placa *QuirkBot* (Figura 12) e a linha individual de produção (Figura 14) têm em comum o fato de que são saídas relativamente abertas de um processo de design. O artefato final não é determinado por completo. O objeto do design é um espaço de possibilidades para artefatos que por sua vez são, em certo grau, determinados pelos limites deste espaço, mas também por escolhas de usuários (como nos casos da *QuirkBot* e das ferramentas do *Nervous System*) e de designers (nos casos da linha de produção da *Creative Factory* e do *Onformative*) e assim podem ser compreendidos e explorados como meios para a experimentação.

Figura 12 – Placa *QuirkBot*



Figura 13 – Pequeno robô *QuirkBot*



Fonte: *Press – QuirkBot*. Disponível em: < <http://www.quirkbot.com/press> >. Acesso em 25 out. 2016. Imagens reproduzidas com permissão de Carl Bärstad.

A saída do processo de design passa a ser então um meio para experimentação futura. Aquilo que foi artefato experimental durante um processo de design e experimentação, se torna a tecnologia para experimentação em processos de design futuros.

Ferramentas generativas, o *QuirkBot*, as linhas de produção individuais da *Creative Factory* e as tecnologias desenvolvidas pelo *Unfold*, podem todos ser entendidos como plataformas para experimentação.

⁴³ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

As saídas destas plataformas, contudo, ainda guardam outras particularidades.

Enquanto um vaso produzido por uma das linhas da *Creative Factory* é uma instância relativamente fechada, um robô *QuirkBot* (Figura 13) não somente permanece um artefato aberto à experimentação como é um híbrido de ferramenta e artefato, uma vez que ele próprio pode ser reprogramado e usado indefinidamente em construções de outros artefatos.

Figura 14 – Linha individual de produção da *Creative Factory* – Linha 2



Fonte: Thomas Vailly. Disponível em: <<http://vailly.com/projects/line02--pictures/>>. Acesso em 25 out. 2016. Imagem reproduzida com permissão de Thomas Vailly.

Nesse sentido, a flexibilidade, a abertura de certas saídas para que sejam novamente transformadas é notavelmente maior em algumas tecnologias do que em outras.

Mesmo nas situações menos flexíveis, quando comparados com a produção industrial os meios experimentais pós-industriais permitem a produção de derivativos com certa facilidade.

Não é difícil retomar a linha de produção individual e fabricar uma variação de vaso, ou retomar um processo generativo, ajustar parâmetros e obter outro resultado. A vocação destas tecnologias é a variedade dentro de um espaço de possibilidades, mais do que a repetição.

Como observa um membro da *Onformative*,

Com uma pequena mudança [em parâmetros] nós obtemos saídas completamente diferentes. [...] a coisa realmente interessante sobre isto é que mesmo que você faça pequenas mudanças, você não tem que fazer todo trabalho de novo, e você tem uma nova variação que funciona perfeitamente. (KIEFER, C., 2012, informação verbal)⁴⁴

O argumento é ilustrado com a descrição de um processo criado para atender a uma demanda de animações para um fabricante de relógios de luxo.

[...] eles nos pediram para visualizar alguns dos produtos, por volta de 300, para o relançamento do *website*, e a ideia principal era mostrar os produtos diferentes com um trabalho de arte generativa único para cada produto. O que nós encaramos foi a tarefa de criar 300 animações visuais, todas diferentes, a partir das especificações dos produtos, o que eles nos deram foi uma grande planilha de dados com tudo o que tipo de números, o preço de cada relógio, o material [...] o que nós fizemos foi escrever um pequeno programa que lê estes dados e para cada relógio cria um padrão [visual] diferente, uma estrutura matemática diferente no fundo, nós também animamos isto, então foi facilmente possível gerar mais de 300 padrões de malha para cada relógio. [...] criamos uma ferramenta que nos permitiu criar muitas animações, o que provavelmente não seria possível fazer à mão. Então criar suas próprias ferramentas para criar trabalhos que não seriam possíveis de se fazer à mão é um grande aspecto do design generativo. (*ibid.*)

Ainda sobre a criação de um espaço de possibilidades, para os desenvolvedores do *Nervous System*, “ao invés de projetar uma coisa única estática, nós desenhamos processos que geram uma variedade infinita de formas.” (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁴⁵.

A mentalidade que sustenta esta ideia de ‘variedade infinita’ é matemática. A variedade de formas pode até ser infinita, mas apenas de maneira análoga à existência de infinitos valores entre dois números quaisquer, assim como entre 1 e 2 há infinitos números com infinitas casas decimais. É um espaço que, ainda que conceitualmente infinito, é determinado, tem seus limites e não compreende inúmeras outras possibilidades.

Não que isso diminua as qualidades dos sistemas generativos, apenas se aponta, mais uma vez, para a importância do projeto de algo que determina este espaço de possibilidades de saídas de design, nestes casos, um processo ou uma ferramenta.

Assim, podem ser observados: artefatos experimentais híbridos que contêm em si tecnologias para experimentação; artefatos que são na realidade processos e ferramentas para experimentação e a produção de outros artefatos, que podem ser abertos à experimentação para leigos, amadores ou para especialistas;

⁴⁴ KIEFER, Cedric. *Generative Design*. Campus Party Europe. 2012. Disponível em: <<https://vimeo.com/48858267>>. Acesso em 24 out. 2016.

⁴⁵ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

circuitos abertos ou fechados de instâncias de projeto, respectivamente interativos e dinâmicos; e ainda, instâncias fechadas de um processo criativo.

7.2 Matriz tecnológica para a experimentação em design pós-industrial

É relativamente comum que as principais tecnologias para experimentação pós-industrial não sejam usadas somente de modo discreto, isoladas, mas combinadas entre si e com outras tecnologias.

Há evidências, por exemplo, do uso de impressão 3D associada às construções físicas com computação embarcada com *QuirkBots*:

No *Kids Hack Day* nós damos a você a oportunidade de construir e programar seu próprio robô de brinquedo. Dê vida ao seu robô com luzes, som e movimento. Imprima máscaras em 3D para eles e veja como eles se desempenham contra outros robôs na arena BotBattle ou na pista BotRace.⁴⁶

As formas produzidas pelos algoritmos do grupo *Nervous System* são pensadas para que sejam encaminhadas para impressão 3D, pelo grupo ou por usuários dos aplicativos criados pelo grupo.

[...] no fim nós temos estas superfícies complicadas que não interseccionam, até agora nós temos trabalhado em traduzir estes experimentos digitais em esculturas físicas usando impressão 3D. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁴⁷

Em um sentido inverso, embora a produção do *Freedom of Creation* seja baseada em tecnologias de impressão 3D, um dos membros do grupo informou que desenvolveu um algoritmo especificamente para um projeto desenvolvido junto ao coletivo (participante B, comunicação informal).

Também a partir de sistemas paramétricos e generativos, o *Onformative* eventualmente experimenta com sistemas computacionais microcontrolados.

Um membro do grupo comenta sobre as possibilidades de articular tecnologias para experimentação.

Nós percebemos que muito do trabalho que fizemos no passado era baseado em telas, quando fundamos o estúdio cinco anos atrás quase todo nosso trabalho era baseado em telas e então poderia encontrar seu caminho em impressão ou movimento, porque esse era o modo tradicional de trabalhar para nós até então. Mas nós compreendemos que muitos dos princípios que desenvolvemos naquela época poderiam ser aplicados e usados no mundo físico. Então se você desenvolve algo que apenas controla um ponto na tela você pode também usar esse algoritmo para controlar um robô se movendo no espaço, e isso vai muito além. Eu acredito

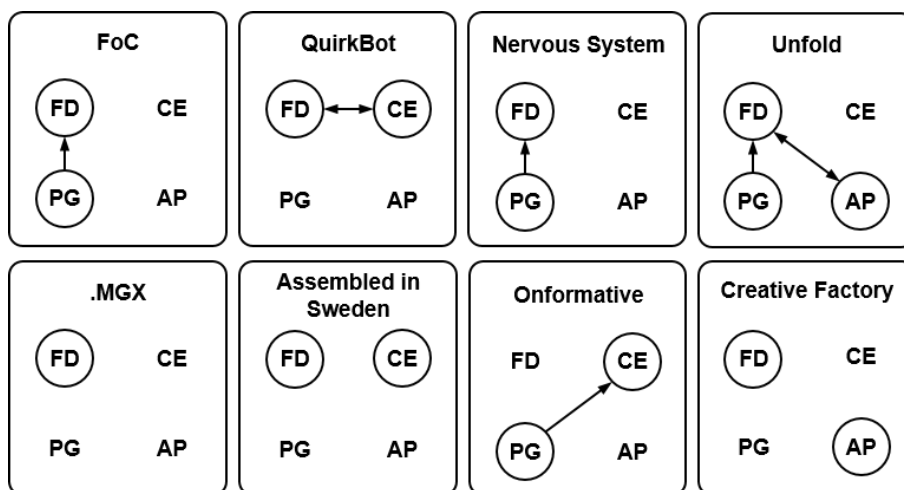
⁴⁶ Kids Hack Day. About us. Disponível em: <<http://www.kidshackday.com/about/>>. Acesso em 25 out. 2016.

⁴⁷ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

que trazer estes conceitos e ideias para o mundo real abre um modo totalmente novo de experimentar arte e design. (KIEFER, C., 2013, informação verbal)⁴⁸

A Figura 15 representa as dinâmicas e opções tecnológicas percebidas nos oito casos estudados.

Figura 15 – Opções tecnológicas principais nos grupos estudados



FD – fabricação digital
 CE – computação embarcada
 PG – sistemas paramétricos e generativos
 AP – autoprodução da tecnologia experimental

Fonte: elaborado pelo autor.

Nos casos dos grupos de autoprodução da tecnologia experimental, *Unfold* usa a tecnologia de impressão 3D com argila desenvolvida pelo próprio grupo em vários projetos, inclusive na criação de artefatos de cerâmica que são integrados como parte de outros aparatos de experimentação (e.g. *The Peddler*).

Em outro projeto o grupo *Unfold* codificou um processo de criação de vasos facetados em um algoritmo generativo, mesmo sem ter acesso aos artefatos (VERBRUGGEN, D., 2013, informação verbal)⁴⁹. As formas produzidas por este algoritmo são produzidas com tecnologias de impressão 3D.

As linhas individuais de produção da *Creative Factory* são baseadas em processos mecânicos e químicos operados manualmente, já em *Impulsive Furniture Unit* o grupo criou e desenvolveu um modelo de fresadora CNC. O uso da fabricação digital neste projeto é discreto, nos demais casos citados houve um

⁴⁸ KIEFER, Cedric. *POSTmatter interview - onformative*. (entrevista). 2013. Disponível em: <<https://vimeo.com/66229580>>. Acesso em 24 out. 2016.

⁴⁹ VERBRUGGEN, Dries. SEE Conference #8. *The Conference for Visualization of Information*. 2013. (apresentação em evento). Disponível em: <<https://www.see-conference.org/en/archive/see8/>>. Acesso em 20 out. 2016.

intercâmbio entre as tecnologias articuladas em um mesmo processo, como ocorre, por exemplo, quando *Unfold* articula sua tecnologia de fabricação digital com o desenvolvimento de outra tecnologia.

As evidências do .MGX, por sua vez, indicam somente o uso discreto de tecnologias de manufatura aditiva.

Finalmente, as evidências do *Assembled in Sweden* também apontam para uso discreto de tecnologias. Ainda que o grupo empregue tecnologias diferentes, elas são normalmente usadas de maneira isolada em cada projeto.

Assim, há evidências claras que cinco dos oito grupos se movimentam em direção ao uso combinado de tecnologias para experimentação (representado pelas setas na Figura 15). Outros dois grupos tiveram experiências discretas com mais de um tipo de tecnologia e apenas um se ateve a somente um eixo tecnológico para a experimentação. Cabe considerar que este último grupo é um dos grupos associados a fornecedores de tecnologia, todos os demais – mesmo o outro grupo associado a um fornecedor de equipamentos de manufatura aditiva – experimentam com mais de um eixo tecnológico.

Percebe-se, portanto, que não faz sentido limitar o entendimento das tecnologias para experimentação em design pós-industrial a eixos tecnológicos discretos. As dinâmicas entre opções tecnológicas para experimentação apontam para a ideia de uma matriz tecnológica, dentro da qual cruzamentos podem ampliar as possibilidades de design quando comparados ao uso de tecnologias isoladas.

Nesta matriz, dinâmicas podem ser pensadas em diferentes sentidos, como por exemplo, de um objeto tridimensional para um algoritmo generativo e de volta para a fabricação digital; ou de uma autoprodução para um artefato impresso que é usado em outro experimento de autoprodução, conforme demonstrado pela análise da produção do *Unfold*.

Assim, os sentidos dos cruzamentos entre duas opções tecnológicas podem ser ainda unidirecionais ou bidirecionais. Presumivelmente, opções tecnológicas poderiam ser também multidirecionais.

7.3 Laboratórios distribuídos e registros de experimentos em rede

O laboratório para a experimentação em design pós-industrial remonta os laboratórios de Thomas Edison, no sentido de propiciar uma proximidade entre experimentação e meios de produção.

O requisito mínimo para que exista um laboratório é a disponibilidade de um conjunto de tecnologias. Assim, o laboratório para a experimentação pós-industrial seria definido, essencialmente, pela disponibilidade tecnológica.

Em quase todos os casos investigados as tecnologias para experimentação são digitais, o que faz com que um instrumento básico do laboratório pós-industrial seja o computador, com frequência articulado com outras máquinas precisas de produção digital, muitas vezes máquinas pequenas, de mesa. Ferramentas manuais e elétricas também são encontradas nestes laboratórios.

Mesmo no *Nervous System*, grupo que tem como tecnologia de base sistemas digitais paramétricos e generativos, uma variedade de equipamentos de transformação material compõe o laboratório do estúdio.

Nós temos várias ferramentas diferentes. Temos ferramentas controladas por computador: uma máquina de corte a laser, uma fresadora CNC grande que nós mesmos construímos, uma impressora 3D *Makerbot Replicator*, uma impressora jato de tinta profissional. Então temos várias outras ferramentas: equipamento básico de oficina de madeira (serra de mesa, furadeira de coluna, etc), uma câmara de pintura montada com compressor e pistola de tinta, ferramentas de joalheria incluindo uma máquina de polimento e um arco de solda, e ferramentas para fazer trabalho elétrico como uma estação de solda. Temos muitas ferramentas manuais e uma bancada também. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2013)⁵⁰

Um dos aspectos mais interessantes do laboratório da atualidade está na possibilidade de um sistema de produção distribuído. O acesso a tecnologias distribuídas amplia a capacidade experimental de maneira econômica. Como um dos designers do *Freedom of Creation* coloca:

Nós provavelmente seremos a última empresa no planeta a comprar impressoras 3D. Nós acreditamos em uma produção distribuída pelo planeta. Nosso produtor é um serviço, que combina capacidade produtiva pelo mundo e faz com que seja mais econômico para todos. (KYTTANEN, J., 2010, informação verbal)⁵¹

Uma fábrica prestadora de serviços, cuja função não é a produção em escala, mas o atendimento a demandas distribuídas.

Ao mesmo tempo, os sistemas dedicados de produção têm suas vantagens.

Em resposta ao questionário um membro da *QuirkBot* argumentou que prefere não usar serviços externos de produção, por causa da lentidão desses serviços e ainda, porque se obtém conhecimentos pela prototipagem:

Ter as máquinas, mesmo que sejam versões ruins, é muito importante para compreender o que você está construindo e como pode ser produzido. Se você pode fabricar a maior parte do seu produto você mesmo, com suas mãos, você tende a tomar decisões de design muito diferentes e inteligentes. DfM (design para

⁵⁰ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Where I Work: Nervous System*. (entrevista). Entrevistador: Marni Katz. 2013. Disponível em: <<http://design-milk.com/where-i-work-nervous-system/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

⁵¹ KYTTANEN, Janne. *Shapeways interviews Janne Kyttanen of FoC*. (entrevista). 2010. Disponível em: <<http://www.shapeways.com/blog/archives/407-shapeways-interviews-janne-kyttanen-of-foc.html>>. Acesso em: 26 out. 2016.

manufatura) não é apenas o último passo. Eu passei por situações nas quais fui capaz de resolver problemas que nosso fabricante tinha na linha de produção porque eu resolvi o mesmo problema quando eu estava construindo protótipos. (participante D, *QuirkBot*)

Há evidências de outras vantagens em se contar com um laboratório dedicado, em especial a possibilidade de controlar a produção⁵². O pessoal do *Nervous System* reconhece vantagens e desvantagens do laboratório distribuído:

[...] se nós imprimirmos de um jeito e funcionar, isso não significa que vai funcionar todas as vezes... SLS [sinterização seletiva a laser] não é uma máquina que nós podemos comprar... mas é uma máquina que de fato é muito boa de usar, que produz partes duráveis e de baixo custo. Uma vez que a gente não tinha acesso à máquina nós não tínhamos garantia de que [os objetos] seriam impressos sempre com a mesma configuração, na mesma máquina. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁵³

Além da preocupação com a produção, os membros do grupo também demonstraram preocupação com problemas que poderiam decorrer de escaneamento 3D, que seria feito pelos usuários dos seus sistemas generativos em condições ainda menos controladas.

Idealmente o laboratório seria razoavelmente controlado, mas não necessariamente a experimentação.

Nesse sentido, ainda que a experimentação seja pouco ou nada estruturada, registrar experimentos parece ser uma prática valiosa.

A ideia de registrar experimentos conduzidos pode parecer excesso de controle, mas registros são parte importante do processo para que experimentos possam ser replicados por terceiros e mesmo para que seja possível o resgate de experimentos passados pelos próprios experimentadores.

O pessoal da *Onformative* comenta sobre compartilhar experimentos bem-sucedidos.

Nós também tentamos trabalhar muito com um tipo de compartilhamento do código que desenvolvemos, das bibliotecas que desenvolvemos, porque muito do que fazemos é baseado em código aberto então tentamos devolver um pouco também. (KIEFER, C., 2013, informação verbal)⁵⁴

Outro depoimento reforça a proposta de publicar o trabalho desenvolvido pelo grupo:

[...] nós estamos certamente 'sobre ombros de gigantes', usando código que foi publicado pela comunidade de código aberto. Todas as ferramentas que usamos são de uso gratuito e nós usamos muitas bibliotecas que são fornecidas por pessoas que as desenvolvem. E de outro lado nós estamos tentando devolver para a

⁵² Aqui, cabe notar que a noção de controle diz respeito à produção e não à prática experimental.

⁵³ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

⁵⁴ KIEFER, Cedric. *POSTmatter interview - onformative*. (entrevista). 2013. Disponível em: <<https://vimeo.com/66229580>>. Acesso em 24 out. 2016.

comunidade também, publicando nosso código e promovendo *workshops* e ensinando. (LAUB, J.; KIEFER, C., 2012, informação verbal)⁵⁵

Ao compartilhar algoritmos e bibliotecas de código, os grupos de design paramétrico e generativo compartilham também, parte de suas tecnologias de experimentação.

Contudo, fora dos grupos de design paramétrico e generativo não se encontra evidências sobre um modo adequado de registrar experimentos.

Um dos participantes que respondeu ao questionário afirma que registra experimentos apenas por fotos e vídeos (participante E, *Creative Factory*).

Outro participante diz não registrar experimentos, mas somente resultados de experimentos, para compartilhar estes resultados parciais com outros membros da equipe de desenvolvimento (participante D, *QuirkBot*).

Para os designers do *Unfold* os laboratórios distribuídos da atualidade integram uma estrutura orgânica, diferentemente dos laboratórios educacionais convencionais:

A Bauhaus foi o primeiro e o principal instituto educacional e Gropius quis que suas oficinas fossem o laboratório para um novo tipo de artesanato. As oficinas na Bauhaus eram operadas por mestres, artistas e aprendizes e facilitavam a experimentação com novas tecnologias e materiais. Os laboratórios de hoje não são institutos educacionais: eles têm sido suplantados por uma infraestrutura *ad-hoc* de compartilhamento de conhecimentos por *blogs*, instruções de código aberto e *wikis* com seus *hubs* físicos na forma de *FabLabs* e outros laboratórios comunitários. Estúdios de design contemporâneos são aninhados dentro desta estrutura, ao mesmo tempo se beneficiando dela e a alimentando com novos desenvolvimentos. Assim, a educação tem se tornado distribuída. (WARNIER e VERBRUGGEN, 2015, p. 423)

Assim, ao lado dos laboratórios distribuídos estão conhecimentos e desenvolvimentos abertos e disponíveis em rede, sendo que as comunidades de prática *online* abrem espaço para o compartilhamento e o acesso a demonstrações, tutoriais, projetos realizados e registros de experimentos.

Por fim, há casos em que a autoprodução da tecnologia para experimentação é também, de certo modo, a criação de um laboratório.

[...] descobrimos que a linha de produção é algo que reúne diferentes elementos de sistemas produto, porque começa com fazer suas ferramentas e máquinas então você produz seus objetos, enquanto você produz você está mostrando seu processo e interagindo com o público [...] de certo modo a linha de produção oferece a experiência completa de produto: é uma fábrica, é um ateliê, é um museu e é uma loja. Quando designers fazem isso eles estão reivindicando controle sobre a sua própria produção e criação enquanto estabelecem o relacionamento perdido com o público. (OHALY, I., informação verbal)⁵⁶

⁵⁵ LAUB, Julia; KIEFER, Cedric. *Customer Spotlight: Adobe & Onformative*. (entrevista). 2012. Disponível em: <<http://tv.adobe.com/watch/adobe-cs6-artist-series/customer-spotlight-adobe-onformative/>>. Acesso em 24 out. 2016.

⁵⁶ OHALY, Itay. C-Fabriek Eindhoven. LynFabriken TV. 2012. Disponível em: <<https://vimeo.com/53582656>>. Acesso em 24 out. 2016.

Nesta experiência, fábrica, laboratório e produção experimental se confundem em uma das linhas de produção da *Creative Factory*, que é ao mesmo tempo uma saída de um processo criativo, um laboratório para experimentação e um meio de produção de outros artefatos.

7.4 Grupos de experimentação, aprendizagem e *expertise*

O pressuposto de que em um contexto pós-industrial há uma valorização das particularidades individuais dos profissionais é confirmado por evidências encontradas nesta pesquisa. A fala do *Nervous System*, por exemplo, corrobora este argumento.

Nós decidimos começar nosso estúdio porque havia muitos experimentos interdisciplinares que queríamos fazer combinando nossos interesses que não se encaixavam nos nossos programas educacionais. Minha formação é em biologia e arquitetura e ele estudou matemática e ciência da computação e nós queríamos misturar todas essas disciplinas diferentes e ver o que acontece na interseção delas. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁵⁷

Enquanto em um contexto industrial a especialização disciplinar era valorizada, em um contexto pós-industrial a multiplicidade disciplinar⁵⁸ e, eventualmente, a indisciplina (a negação disciplinar) ocupam o lugar da especialização.

Ainda que se assuma a indisciplina como elemento essencial da experimentação em design pós-industrial, a existência de *expertises* integrais à experimentação dificilmente poderia ser negada.

Nesse sentido, o *expert* é aquele que pela experiência extensiva adquire a competência de perceber situações por distinções sutis e refinadas e dar respostas intuitivas e imediatas (DREYFUS e DREYFUS, 2005). A *expertise* seria o nível mais alto na aquisição de uma habilidade obtida por experiência.

A ideia de *expertise* ultrapassa a especialização disciplinar, uma vez que se trata de 'saber-como fazer', mais do que de 'saber-o que' ou 'saber-porque'. Assim, a especialização disciplinar tende a se ajustar melhor às formas de organização burocráticas do modelo industrial, enquanto a *expertise* mantém relação estreita com a prática, seja qual for o contexto em que ela aconteça.

⁵⁷ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

⁵⁸ O termo 'multiplicidade disciplinar' foi escolhido para ilustrar um tipo de multidisciplinaridade que não se dá apenas pela colaboração de indivíduos que são especialistas em diferentes disciplinas, mas alcança os próprios indivíduos, que têm formações multidisciplinares, como no caso do *Nervous System*.

Algumas evidências indicam diferentes *expertises* associadas à experimentação em design pós-industrial.

Um dos designers da *QuirkBot* fala sobre seu trabalho com protótipos:

Desde março de 2014 nós estivemos prototipando o *QuirkBot* freneticamente e usando estes protótipos iniciais em eventos *Kids Hack Day* em Estocolmo, Amsterdam, Moscou e Valência. Finalmente estamos prontos para produção depois de 13 iterações incluindo redesenho do circuito e mudanças na forma da PCB [placa de circuito impresso].⁵⁹

Trata-se de protótipos do sistema eletrônico e da placa de circuito impresso *QuirkBot* (Figura 16). Esta seria, então, uma experimentação de caráter preponderantemente técnico, um recorte dos esforços de desenvolvimento do projeto, uma vez que interfaces de aplicativos, embalagens, identidade visual e outras peças de design também foram criadas e desenvolvidas para os produtos.

A racionalidade técnica foi questionada neste trabalho enquanto fundação para a experimentação porque exclui aquilo que não é incorporável à sua lógica. Mas como já se argumentou anteriormente, abordagens como a prática reflexiva não excluem a dimensão técnica, pelo contrário, assumem que ela é parte de um conjunto maior de esforços. A experimentação técnica é, sem dúvida, parte fundamental da experimentação em design.

Ao se assumir que o advento de uma nova disponibilidade tecnológica marca a experimentação em design pós-industrial, é natural que se reconheça um lugar privilegiado aos entendimentos e à *expertise* técnica, ainda que de forma indisciplinada.

Figura 16 – Protótipos da placa de circuito impresso *QuirkBot*



Fonte: *Ideofon e QuirkBot*. Disponível em: <<http://www.ideofon.com/projects/#/quirkbot/>>. Acesso em 25 out. 2016. Imagem reproduzida com permissão de Carl Bärstad.

⁵⁹ *Projects - Ideofon*. Disponível em: <<http://www.ideofon.com/projects/#/quirkbot/>>. Acesso em 25 out. 2016.

Um dos membros da *Freedom of Creation* fala sobre como auxiliava as colaborações com designers externos:

[...] nós trabalhamos muito com designers externos e isso varia de jovens designers iniciantes a designers conhecidos como Karim Rashid e Ted Noten. Essas pessoas vêm com ideias que são às vezes muito simples, outras vezes muito concretas, e o que a gente faz é pegar estas ideias, estes desenhos e fazer com que sejam produtos imprimíveis em 3D e neste processo nós consideramos o que é possível e como você pode usar a tecnologia a seu favor, basicamente guiar estes designers e artistas dentro do modo como a impressão 3D realmente funciona. O que acontece com muita frequência é que essas pessoas chegam dizendo o que querem, nós dizemos: *ok*, você diz que quer isto, mas não sabe o que é possível. Na verdade, você quer algo completamente diferente, algo que vai mexer com a sua cabeça e que você nunca tenha visto antes. Uma vez que você mostra para ele a ideia original que ele trouxe, nós sempre colocamos algo que repensa o que ele queria e eles sempre seguem em frente. (GARETT, B., 2011, informação verbal)⁶⁰

Neste depoimento está implícita a ideia de que explorar uma tecnologia experimental pode levar à aquisição de um tipo de *expertise* naquela tecnologia. Mesmo designers consagrados precisariam se abrir para novos entendimentos decorrentes de uma nova disponibilidade tecnológica.

O depoimento de outro designer sobre sua experiência de colaboração com o .MGX corrobora a ideia de que há um tipo de *expertise* técnica inter-relacionada com as práticas de design.

Toda vez que eu coloco meu lápis em uma folha de papel para desenhar algo eu sei, antes, qual tecnologia eu vou usar. Se eu desenho uma cadeira que será injetada, é claro que ela será moldada. Então eu terei que desmoldar o objeto. E esse grande constritor já dá uma forma ao objeto. Com a prototipagem rápida você é totalmente livre. Não há molde mais. Eu estava tão acostumado a projetar coisas com a tecnologia que eu entendia, mas dessa vez, não, liberdade total. Liberdade inacreditável. [...] A distância entre a criação, o desenho e o objeto final era muito curta. Era como um desenho que ganha vida e contornos em 3D. Eu sei que sempre na história do design que há uma nova tecnologia há também uma nova estética. E por isso eu estava animado a tentar brincar com esta nova tecnologia. [...] há muitos aspectos ainda a serem descobertos. (JOUIN, P., 2012, informação verbal)⁶¹

Outra evidência de que um tipo de *expertise* tecnológica exerce efeitos sobre as práticas de design pode ser encontrada em um trecho da entrevista concedida a esta pesquisa pelo participante A, colaborador do .MGX:

[...] estou interessado na relação entre ferramentas e design, em estar ciente destas ferramentas, de como o design e as formas de trabalho mudam em função de mudanças nas ferramentas. [...] Não estou interessado no artefato em si, mas naquilo que se descobre durante a concepção e a produção.

Ainda que se reconheça que há um tipo de *expertise* técnica implícita na experimentação em design pós-industrial, pode-se entender que mesmo o *expert* em design presumivelmente precisaria atualizar suas práticas e modos de pensar

⁶⁰ GARETT, Brian. *Freedom of Creation on 3D printing*. (apresentação em evento). *Test Lab*. 2011. Disponível em: <<https://vimeo.com/46875347>>. Acesso em 26 out. 2016.

⁶¹ JOUIN, Patrick. *Patrick Jouin on Rapid Prototyping*. Cooper Hewitt. (entrevista). 2012. Disponível em: <<https://youtu.be/ZjVPk7cLxU>>. Acesso em 25 out. 2016.

para atender a critérios que não operam na lógica da economia de escala. O depoimento de outro designer da *Freedom of Creation* ilustra essa ideia.

Eu fiz uma luminária, chamada de 1597, que está agora em coleções de museus, levei seis meses para fazê-la e eu fiz centenas de arquivos diferentes para conseguir exatamente o que eu queria. Eu coloquei uma quantidade enorme de paixão nela, mas o produto final ficou muito caro. Mas nós vendemos muitas delas, e eu estava muito feliz com isso. Então pensei... eu posso maximizar isso, não fazer tão grande, fazer menor, mais amigável para consumidores, colocar tudo em uma planilha e tentar ver como maximizar o lucro. E então foi muito difícil de vender. Essa é a que vai fazer dinheiro e a outra é a que eu pus minha paixão e era dez vezes mais cara, mas essa nós vendemos bem e a outra não. Eu não sei porque, mas é um jogo insensato, há alguma energia lá, você pode sentir, não pode tocar, mas essas coisas tendem a funcionar [as coisas em que se coloca 'paixão', mesmo que custem muito mais]. (KYTTANEN, J., 2013, informação verbal)⁶²

Estas evidências indicam que conhecimentos e o 'saber-como fazer' adquirido pela experiência, que para a teoria seria aquilo que leva ao desenvolvimento de *expertises*, têm um caráter múltiplo na experimentação pós-industrial, que não é somente técnico.

A *expertise* tecnológica e experimental poderia ser adquirida pela prática, por aprendizagem e colaboração. Há muitas evidências nesse sentido.

Para o participante D (*QuirkBot*), a aprendizagem é tão fundamental no processo de experimentação, que a experimentação só é válida se houve aprendizagem, "se você não aprendeu algo você não fez nada", e completa:

Eu prefiro trabalhar com pessoas que tem habilidades muito diferentes, não é que eu queira aprender o que eles sabem, mas apenas colocar as coisas juntas e comunicar já é suficiente [...] para mim tudo que é significativo é aprendizagem. Eu nunca participei de um projeto ou trabalho que eu soubesse como fazer antes de começar.

O participante E (*Creative Factory*) percebe a experimentação de modo similar:

Experimentação é aprendizagem. [...] experimentação é 100% investigar e aprender coisas novas [...] a aprendizagem é a principal ideia por trás da colaboração, aprender com outros e criar juntos projetos melhores.

Para o participante F (*Unfold*), a aprendizagem acontece espontaneamente durante a experimentação, mas também se conduz experimentos com o objetivo específico de aprender.

Sobre as comunidades de prática que emergem em torno de novas tecnologias, os participantes entendem que elas são atalhos na aprendizagem de novas tecnologias (participante E, *Creative Factory*) e essenciais para acessar

⁶² KYTTANEN, Janne. *I started my company with a completely bogus business plan.* (entrevista.). Dezeen. 2013. Disponível em: <<https://vimeo.com/72040646>>. Acesso em 25 out. 2016.

conhecimentos, enquanto as comunidades físicas são boas para compartilhar ferramentas e espaços (participante D, *QuirkBot*).

Ainda nesse sentido, quando perguntado sobre como se dá a escolha de uma tecnologia de base para um projeto, o participante D respondeu que o primeiro critério seria uma tecnologia que tivesse uma ampla base de usuários, de código aberto, pois assim teria mais informações disponíveis.

Para o participante F (*Unfold*), “escolhemos de acordo com quão bem nós conhecemos a tecnologia e se conhecemos pessoas que podem ajudar se for preciso”. Ou seja, se há conhecidos que detenham algum tipo de *expertise* em relação à tecnologia em questão.

A colaboração ocupa um lugar de destaque no discurso dos membros destes grupos, “o mais importante é a colaboração [...] a gente faz uma sobreposição de funções, todo mundo aprende um pouco de tudo” (participante C, *Assembled in Sweden*, em entrevista).

No caso do *Onformative*, a participação em comunidades de prática está na própria descrição do grupo, que teria surgido a partir destas comunidades.⁶³

7.5 Experimentos combinados: fluxo e complexidade

Não foi encontrada nenhuma evidência que desabone o caráter múltiplo dos experimentos da prática reflexiva que são, ao mesmo tempo, exploratórios, propositivos e eventualmente mesmo testes de hipóteses, para o entendimento da experimentação em design pós-industrial.

A distinção entre experimentos locais e globais também se mantém pertinente no novo contexto, como pode ser compreendido a partir da fala de um dos designers da *Nervous System*:

[...] este é o primeiro vestido que nós criamos... uma estrutura com um padrão intrincado com mais de 2200 partes únicas conectadas por mais de 3000 dobradiças que foram todas impressas em uma peça única. [...] nós passamos muito tempo projetando dezenas de variações destas pequenas dobradiças milimétricas. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁶⁴

O caráter técnico, reconhecido como parte da experimentação em design pós-industrial, se manifesta em experimentos técnicos. Muitas das variações criadas para as conexões do vestido do *Nervous System* eram tentativas de

⁶³ *Onformative. Studio*. Disponível em: <<http://onformative.com/studio>>. Acesso em: 20 out. 2016.

⁶⁴ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

descobrir geometrias adequadas a um processo de produção com o qual os membros do grupo não estavam habituados (sinterização seletiva a laser).

Nas comunidades de prática experimentos técnicos são encontrados em abundância, sobretudo em circunstâncias em que surgem problemas técnicos durante a experimentação. Contudo, experimentos técnicos também podem ser conduzidos sem que a motivação seja necessariamente um problema técnico, mas visando a aprendizagem de como as coisas funcionam ou poderiam funcionar.

Há evidências de outros tipos de experimentos, como experimentos incompletos e indícios de propósitos abandonados ao longo da experimentação.

Um designer da *Assembled in Sweden* fala sobre as dificuldades inerentes à experimentação.

O desenvolvimento levou muito tempo para produzir os protótipos e houveram muitas iterações para frente e para trás. O desenvolvimento da Flyte durou cinco anos. Meu conselho é muito simples... sempre experimente e falhe e passe por todas as tentativas e turbulências de fazer as coisas. [o resultado] não vem fácil como pode parecer. (MORRIS, S., 2015, informação verbal)⁶⁵

Neste caso, iterações indicam retornos a pontos anteriores da experimentação, provocados pelo desejo de se descobrir algo ainda não revelado ou pela obtenção de uma saída insatisfatória a partir de um experimento. Tentativas falhas são indícios de que experimentos não produziram uma saída desejável. Presume-se que estes experimentos são abandonados e outra trajetória experimental é iniciada.

Este trecho da fala de um membro do *Onformative* ilustra uma situação em que se se encerra, ainda que provisoriamente, uma sequência de experimentos para assumir outra uma direção:

"[...] nós terminamos com uma paisagem urbana, e nós pensamos *ok*, é suficiente por enquanto nesta direção. Vamos para uma outra direção. Vamos usar o algoritmo de bolhas para vetorizar imagens..." (KIEFER, C., 2012, informação verbal)⁶⁶

A Figura 17 ilustra um emaranhado de experimentos técnicos, incompletos e abandonados.

Por outro lado, caminhos também podem ser abertos durante a experimentação.

Os membros do *QuirkBot*, da *Creative Factory* e do *Unfold* que participaram diretamente desta pesquisa (participantes D, E, F) afirmaram que, no curso de um

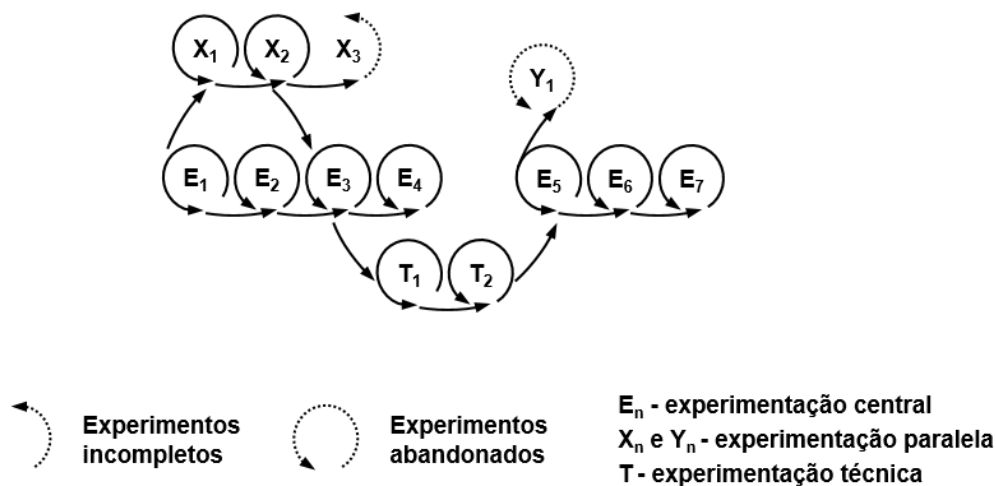
⁶⁵ MORRIS, Simon. Flyte. (entrevista). *Make: Maker Faire Paris*. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/126748060>>. Acesso em 21 out. 2016.

⁶⁶ KIEFER, Cedric. *Generative Design*. (apresentação em evento). Campus Party Europe. 2012. Disponível em: <<https://vimeo.com/48858267>>. Acesso em 24 out. 2016.

projeto, além do conceito que está sendo desenvolvido, com frequência outros conceitos são criados ou desenvolvidos de algum modo.

Nestes casos as opções abertas podem ser seguidas e, para uma nova sequência de ciclos experimentais outros ciclos são abandonados, quando o propósito experimental muda.

Figura 17 – Experimentos técnicos, incompletos e abandonados



Fonte: elaborado pelo autor.

Há ainda, indícios de experimentos retomados:

Uma das melhores coisas de se trabalhar com código é que você pode estender diretamente e construir sobre trabalhos anteriores. Você pode literalmente adicionar partes a um código anterior para continuar a desenvolver um conceito. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2010.)⁶⁷

Perguntado se experimentos conduzidos em um projeto eram usados de algum modo em outros projetos, o participante D (*QuirkBot*) afirma:

Tudo é construído sobre outras coisas. Especialmente *insights* sobre uma plataforma tecnológica em particular [...]. A maior parte dos experimentos técnicos são reaproveitados de alguém (*hardware* aberto).

Internamente aos grupos, evidências de transferência de aprendizagem entre experimentos do coletivo *Assembled in Sweden* são perceptíveis nos projetos Flyte e Lyfe (Figura 18 e Figura 19). Em entrevista o participante C (*Assembled in Sweden*) afirma que “tudo é muito mais rápido quando experimentos são aproveitados, a aprendizagem técnica e a aprendizagem sobre fornecedores é aproveitada”.

⁶⁷ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Cell Cycle by Nervous System*. (entrevista). Entrevistador: Jaime Derringer. 2010. Disponível em: <<http://design-milk.com/deconstruction-cell-cycle-by-nervous-system/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

Este conjunto de evidências aponta para uma produção cumulativa, que pode ser interna ou externa ao grupo criativo.

Figura 18 – Projeto Flyte



Figura 19 – Projeto Lyfe



Fonte: *Assembled in Sweden e Flyte*. Disponível em: < <https://flyte.se/> >. Acesso em 25 out. 2016. *Imagens reproduzidas com permissão de Daniel Mascarenhas*.

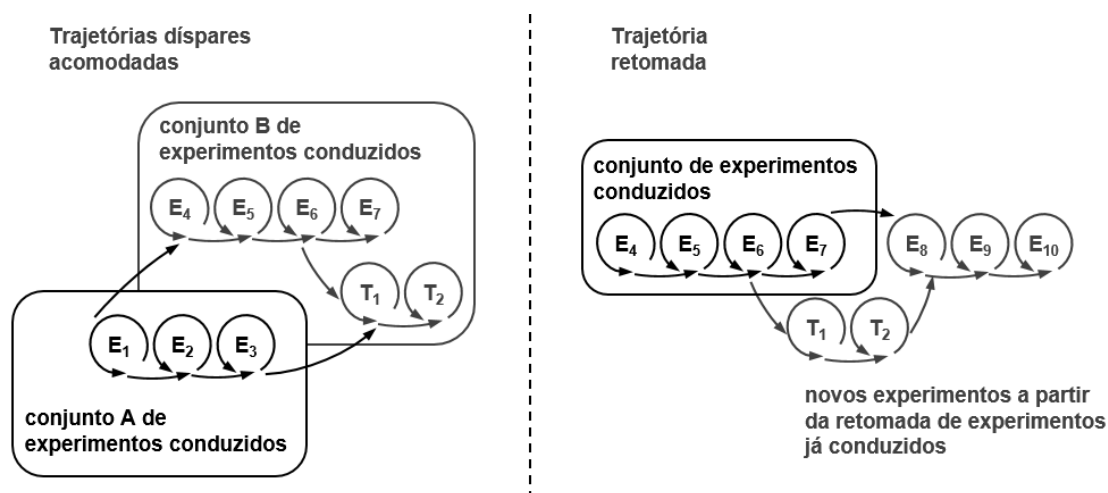
Nesse sentido a retomada de experimentos já conduzidos pode se dar de muitos modos, como o aproveitamento de pequenos conjuntos de experimentos em projetos, ou mesmo de experimentos isolados.

Se partirmos do pressuposto de que a experimentação é constituída por ciclos experimentais interconectados, faz sentido pensar em trajetórias de experimentos, e, assim como experimentos podem ser abandonados, trajetórias também podem ser interrompidas ao longo do desenvolvimento experimental.

Assim, a retomada de experimentos já conduzidos poderia se dar pela acomodação de trajetórias díspares de experimentos, em um tipo de acoplamento entre experimentos globais. Outra possibilidade é a condução de experimentos em continuidade a uma trajetória experimental anterior.

A Figura 20 ilustra estas duas possibilidades de retomada de conjuntos de experimentos já conduzidos.

Figura 20 – Trajetórias díspares acomodadas e trajetória retomada



Fonte: elaborado pelo autor.

7.6 Quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial

Esta seção apresenta as principais alterações, adições, os elementos que são excluídos e os que permanecem em uma atualização do quadro de referência preliminar elaborado no capítulo 3, na formação de um quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial.

Ao pressuposto de ciclos experimentais interconectados é adicionada a ideia de trajetórias experimentais.

Ao construto 'tipos de experimentos' são adicionados experimentos técnicos, experimentos incompletos e abandonados. As categorias experimentos locais e globais, e as demais, derivadas da prática reflexiva de Schön, (exploratórios, propositivos e testes de hipóteses) completam o construto. Assim, um experimento poderia ser, ao mesmo tempo, um experimento técnico, exploratório, local e incompleto, por exemplo.

Os elementos associados ao construto 'organização dos ciclos experimentais' são revisados.

O conjunto de medidas temporais 'número de ciclos', 'duração dos ciclos' e 'distribuição dos ciclos no tempo' é removido do quadro, uma vez que a dimensão temporal é fortemente atrelada ao objetivo da eficiência produtiva, que perde seu lugar privilegiado em um contexto experimental pós-industrial.

São adicionadas ao quadro as trajetórias díspares acomodadas, e as trajetórias retomadas, uma vez que, como se demonstrou, há um caráter cumulativo importante para a experimentação em design pós-industrial.

O construto 'artefato experimental' é expandido pela adição de uma tipologia que compreende, artefatos híbridos (ferramenta-artefato), abertos (para especialistas, para leigos), circuitos fechados de instâncias (interativos ou fixos) e instâncias fechadas.

Em relação ao construto 'tecnologias para experimentação', a alternância entre tecnologias é substituída e ampliada pela inserção da noção de uma matriz combinatória de dinâmicas experimentais. As opções tecnológicas a partir desta matriz podem ser estáticas ou dinâmicas, sendo que opções dinâmicas poderiam ser unidirecionais, bidirecionais ou multidirecionais.

Embora a autoprodução da tecnologia experimental seja considerada um elemento desta matriz de opções tecnológicas, ao lado dos três eixos tecnológicos identificados no capítulo 5, a autoprodução também é tratada como um elemento único das tecnologias para experimentação, uma vez que nestes casos a

tecnologia para experimentação é também objeto de desenvolvimento experimental, como observado na pesquisa empírica e, portanto, indica uma postura ativa de criação ou transformação da tecnologia experimental.

O elemento 'combinações entre tecnologias novas e tradicionais', que constava no quadro de referência preliminar, passa a ser entendido como 'combinações entre tecnologias conhecidas e desconhecidas', uma vez que se reconhece a forte influência de uma *expertise* tecnológica sobre as práticas experimentais. Não importa tanto se uma tecnologia é nova ou tradicional, quanto se ela é bem conhecida ou pouco conhecida.

O elemento 'capacidade experimental' foi mantido, uma vez que indica limites para as atividades de experimentação, mesmo que pouco definidos. Cabe argumentar que esta capacidade não é apenas quantitativa, mas também qualitativa, uma vez que esta capacidade se relaciona ao acesso a diferentes tipos de tecnologias e as oportunidades que elas oferecem.

A disponibilidade tecnológica é entendida como o aspecto básico determinante do laboratório para a experimentação pós-industrial. Assim, o acesso a tecnologias é mantido como elemento do quadro, mas agora caracterizado em relação à ideia de laboratórios dedicados e distribuídos.

Também a partir da exploração da ideia de laboratórios dedicados e distribuídos, o 'grau de definição das configurações experimentais' passa a ser entendido como flexibilidade e estabilidade na definição de configurações de máquinas, equipamentos e propriedades de insumos.

Uma vez que a proximidade entre experimentação e meios de produção é outra característica básica do laboratório para experimentação em design pós-industrial, o grau de isolamento ou sobreposição entre meios de experimentação e de produção é outro elemento mantido no quadro.

Enquanto a autoprodução da tecnologia para experimentação indica a criação de uma tecnologia, a partir da noção de laboratório se pode pensar em um tipo de autoprodução do laboratório, no qual, independentemente das tecnologias escolhidas, o arranjo do laboratório, as escolhas tecnológicas e suas interconexões, e mesmo uma eventual definição de procedimentos, por exemplo, caracterizam um laboratório particular, que pode ser criado ou viabilizado pelo indivíduo ou pelo grupo criativo.

'Modos de registro' e de documentação de experimentos conduzidos substituem a ideia de 'grau' de registro.

'Modos de registro' podem ser abertos (externos e compartilhados), fechados (internos), registrar apenas resultados e saídas experimentais ou o

processo experimental (registro de experimentos), podem ser valer de registros visuais, verbais e ambos.

O acesso a registros de experimentos (internos ou externos) também é adicionado ao quadro.

Por fim, o construto 'grupos e *expertises*' é adicionado ao quadro de referência, com os subconstrutos multiplicidade disciplinar e indisciplinar, *expertises* técnicas e *expertises* em experimentação em design pós-industrial.

O quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial é apresentado na próxima página (Quadro 12).

Quadro 12 – Quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial

| | | |
|----------------------------------|--|---|
| Experimentação e processo | ciclos experimentais interconectados / trajetórias experimentais | |
| | Tipos de experimentos | exploratórios (descoberta), propositivos (invenção), testes de hipóteses (verificação), híbridos |
| | | globais (holísticos em relação aos projetos), locais (parciais em relação aos projetos) |
| | | experimentos técnicos |
| | | experimentos incompletos e abandonados |
| | Organização dos ciclos experimentais | trajetórias díspares acomodadas ou retomadas |
| | | organização em série e em paralelo |
| | Artefato experimental | estável (construção pré-concebida para testes), instável (meio experimental que evolui durante experimentos) |
| | | híbridos ferramenta-artefato |
| | | abertos (para especialistas, para leigos) |
| | | circuitos fechados de instâncias (interativos ou fixos) |
| | | instâncias fechadas |
| | | grau de aproximação a uma saída desejável (técnico / estrutural / visual / formal) |
| | | abrangência de representatividade (parcial, completa) |
| | | relação entre materialidade e virtualidade |
| Experimentação e situação | Tecnologias para experimentação | relação de dimensionalidade entre modelo e suporte (2D, 3D) |
| | | funções (testar, comunicar, aprender, revelar falhas de conhecimento e habilidades, levantar questões para próximos experimentos) |
| | | matriz combinatória de opções tecnológicas (estáticas, dinâmicas unidirecionais, bidirecionais e multidirecionais) |
| | | autoprodução da tecnologia experimental |
| | Laboratório | combinações entre tecnologias conhecidas e desconhecidas |
| | | capacidade experimental |
| | | acesso a tecnologias dedicadas e distribuídas |
| | | flexibilidade e estabilidade de definição de configurações experimentais, equipamentos e insumos |
| | | grau de isolamento ou sobreposição na relação entre meios de experimentação e de fabricação |
| | | autoprodução do laboratório |
| | | modos de registro documental de experimentos conduzidos (aberto, fechado / processo, saídas / visual, verbal) |
| | Grupos e expertise | acesso a registros de experimentos (internos e externos) |
| | | multiplicidade disciplinar e indisciplina |
| | | expertises técnicas |
| | | expertises em experimentação em design pós-industrial |

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao longo desta tese o caráter inerentemente estratégico do design foi reconhecido, assim como o fato de que a experimentação ocupa lugar central nas práticas de design.

Foi sugerido que a falta de um quadro de referência que viabilize entendimentos básicos sobre a experimentação faz com que as decisões e formulações estratégicas permaneçam invisíveis e, que um quadro como este poderia apoiar concepções estratégicas junto às atividades de experimentação em design.

Para viabilizar esta ideia, um quadro de referência para experimentação em design pós-industrial seria constituído por construtos estratégicos, elementos abertos a configuração. Assim, uma abordagem estratégica para o design pós-industrial poderia se dar junto às práticas experimentais, pela configuração de recursos para a experimentação.

Nesta abordagem, recursos e competências de design seriam articulados e interconectados e, um espaço de possibilidades e restrições para o design seria disponibilizado para a experimentação a partir deste conjunto particular de elementos interdependentes.

Neste capítulo são exploradas diferentes formas pelas quais o quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial apresentado no capítulo anterior pode ser instrumental para decisões e formulações estratégicas em design.

Sugere-se que uma mudança de mentalidade frente à experimentação pode servir à concepção de estratégias de experimentação em design pós-industrial, inclusive no cenário da autoprodução. A concepção estratégica estaria assim, livre do rigor dos modelos estruturados anteriores e apoiada em uma referência suficientemente flexível para dar conta da criação de estratégias deliberadas e emergentes.

Três abordagens são propostas para fazer frente à ideia enganosa de que valores da era industrial permaneceriam válidos para práticas de design pós-industrial baseadas na experimentação, em especial o controle determinístico

sobre saídas do processo de experimentação, a eficiência experimental e a simplificação e alienação dos processos de trabalho.

8.1 Experimentação como produção de sentido

Na exploração dos elementos que conformam o quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial, as noções inter-relacionadas de ‘experimentos abandonados’ e ‘trajetórias de experimentação’ indicam um fenômeno recorrente na pesquisa empírica, desenvolvimentos e interrupções na exploração de conceitos de artefatos durante a experimentação.

Produção e descoberta de conceitos para um artefato experimental são ideias que se alinham com a proposição fundamental de Krippendorff, de que o “design é a produção de sentido das coisas” (KRIPPENDORFF, 2006).

Assim, uma primeira proposta para compreender a concepção de estratégias ao longo da experimentação pode começar pela consideração de trajetórias de produção de sentido.

Evidências empíricas coletadas ao longo da pesquisa ajudam a esclarecer esta perspectiva.

O designer do projeto *Strawbees* – que permite a estrutura física customizada dos robôs *QuirkBot* – descreve o processo de desenvolvimento como um processo de descoberta de diferentes sentidos para os artefatos criados durante o projeto. A intenção inicial que motivou o projeto era criar algo que utilizasse refugo de chapas plásticas da produção industrial.

[...] nós começamos fazendo coisas completamente aleatórias, que não faziam sentido. Isto são monstros, estes monstros são muito limitados. Estes monstros em particular podem morder um cartão de visitas. [...] mas eles podem ser transportados por toda a Suécia, o que é a melhor característica que eles tinham. Mas enquanto fazíamos estes monstros, nós meio que tropeçamos nestas mandíbulas estranhas. Esse é um pequeno monstro... então essa coisa pode morder coisas... enquanto nós investigávamos é como se... o que é isso? É o primeiro prendedor de roupas que combina com a cor da roupa. Isso claramente é brilhante. Prendedores de roupa que combinam com a cor, isso vai ser incrível. Ele reduz drasticamente o tamanho e volume para transporte, todas essas coisas... [em tom irônico]. É realmente difícil vender prendedores de roupas, eu decidi abandonar... então eu projetei outra coisa, que seria fácil de vender. De todo modo, eu espero que isso estabeleça: não saiba o que você está fazendo algumas vezes. É realmente bom. (THORSTENSSON, E., 2013, informação verbal)⁶⁸

Ao ter contato com uma máquina de corte e vinco manual portátil, o designer retoma a ideia anterior, os prendedores de roupas.

⁶⁸ THORSTENSSON, Erik. *Reincarnate your darlings*. (apresentação em evento). TEDxGöteborg. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=px6zdP9g48g>>. Acesso em 25 out. 2016.

[...] eu vi a máquina estranha. [...] eu pensei que ela lembrava o tamanho das nossas matrizes industriais [pequenas] então eu pensei porque não tentar? O primeiro prendedor de roupas plano do mundo, economiza 97% do volume no transporte. Eu conversei com algumas pessoas e eles [perguntaram]: 'nós podemos levar um para a Índia?'. Sim! Nós vamos revolucionar o mercado de prendedores de roupa da Índia com o nosso prendedor de roupas! Porque eles precisam disso. Então eu fui lá... esses garotos [mostra uma imagem de crianças indianas brincando com os prendedores]... eles ainda não usaram isso como um prendedor de roupas. O que me incomoda; eu fiz o design disso. Nós fizemos algo para vocês. Mas isso é incrível, porque eles mudaram isso, eles tiraram do contexto, é um brinquedo. Descobrimos que eles têm toneladas de prendedores de roupas, mas não tem brinquedos de montar. Então isso semeou uma ideia em mim. Eu quis fazer outro brinquedo de montar. Mas aí nós chegamos na parte difícil, inventar. Eu queria fazer um brinquedo, e isso dói. É realmente difícil, eu tenho que voltar para o ponto em que eu não sei o que estou fazendo. [...] Eu acidentalmente inventei uma coisa realmente estranha. Parece com uma chupeta. É realmente pequeno. [o designer mostra o projeto *Strawbees*.] (*Ibid.*)

Embora seja parte integral do conjunto *QuirkBot*, este projeto não foi desenvolvido pela experimentação com tecnologias avançadas. Contudo, faz sentido para uma produção em pequena escala, deslocada do contexto da organização industrial e ainda foi motivado pelo reaproveitamento de refugo industrial.

A dinâmica de descobertas e proposições de sentido neste processo contraria a prática de especificações iniciais de saídas de projeto como estratégia.

Há evidências semelhantes na experimentação com as tecnologias avançadas do contexto pós-industrial no discurso de um dos criadores da .MGX.

Isso foi a primeira coisa que eu fiz, há 14 ou 15 anos atrás [por volta de 1999] e eu não sei porque repentinamente fazer uma luminária... também é sempre sobre números, porque designer procura por coisas belas, mas eu entendi quanto caro isso seria, essa foi a primeira coisa que fiz e me custou cinco mil euros na época, e... claro que não fez nenhum sentido comercial. [...] Todo este experimento me levou a uma coleção inteira de luminárias com a empresa belga *Materialise*, nós começamos um empreendimento juntos, chamado *Materialise.MGX* que comercialmente foi bem sucedido. (KYTTANEN, J., 2013, informação verbal)⁶⁹

O designer não sabe dizer porque criou uma luminária e o processo era a princípio ineficiente, uma vez que contrariava a maximização da relação recurso-produção.

Enquanto a primeira iniciativa “não fez nenhum sentido comercial”, o projeto foi motivação para a criação do .MGX, comercialmente bem-sucedido, um efeito presumivelmente mais amplo do que o que seria inicialmente esperado durante a criação de uma luminária.

Em outro depoimento um membro da *Onformative* apresenta um processo de design generativo que começa com a elaboração de um aplicativo gráfico com

⁶⁹ KYTTANEN, Janne. *I started my company with a completely bogus business plan.* (entrevista.). Dezeen. 2013. Disponível em: <<https://vimeo.com/72040646>>. Acesso em 25 out. 2016.

bolhas que preenchem a tela e estouram. Ao longo do processo as bolhas são substituídas por esferas, as esferas por paralelepípedos, e continua:

[...] e é quando nós percebemos que está começando a parecer uma visualização de dados, um tipo de gráfico de barras 3D, então, por que não adicionar alguns dados a isto? [...] isto [a visualização de dados] parece com a paisagem de uma cidade, com arranha-céus, então, porque não pegamos estes dados e exportamos em um arquivo 3D e importamos em algum *software* de modelagem 3D, e renderizamos... e nós temos algo totalmente diferente da sopa de bolhas do começo, nós terminamos com uma paisagem urbana... (KIEFER, C., 2012, informação verbal)⁷⁰

É um processo que apresenta variações bruscas de sentido para o artefato experimental, algo semelhante acontece em outra situação na qual encontra-se um sucesso a partir de um experimento falho:

[...] algumas vezes acontece de, enquanto estamos trabalhando em um projeto maior, nós compreendemos que surge uma questão ou nos interessamos em outro aspecto. Por exemplo, nós estivemos trabalhando em um projeto que envolve visão computadorizada e reconhecimento facial, e nós obtivemos muitos falsos-positivos, o computador estava vendo faces onde não havia nenhuma. Isso levantou a questão de onde mais nós poderíamos achar aquilo. Isso levou ao projeto *Google Faces* que é mais como um experimento. Nós estávamos imaginando o que poderíamos encontrar se procurássemos por faces no *Google Maps*. E isso era apenas um experimento, nós não sabíamos o que poderíamos encontrar... Na verdade esse se tornou um dos projetos mais famosos, o que nós não esperávamos no início. Então nem sempre é planejado, algumas vezes o trabalho experimental pode ser uma falha total, mas mesmo se você descobrir que não funciona ainda é um bom resultado para nós. (KIEFER, C., 2013, informação verbal)⁷¹

Os membros do *Nervous System* também relatam uma situação análoga.

[...] e se nós tirarmos vantagem da capacidade da impressora de fazer mecanismos interconectados, intertravados, e imprimirmos algo completamente plano que depois é dobrado em um bracelete? Então, começa como uma ideia simples de fazer algo como uma pulseira de relógio que dobra como um bracelete, poderia ser assim que você customizaria e produziria... exceto porque nós começamos a pensar vamos fazer uma rede de objetos, um grupo de triângulos interconectados em uma rede ao invés de uma estrutura linear... tudo pensado para ser completamente montado, nada tem que ser colocado junto [impressão do conjunto montado] o que você vê sai da máquina assim. [...] isso foi um experimento realmente divertido, meio que nós pensamos 'isso parece ser para onde as coisas vão, mas nós ainda não estamos nem um pouco perto desse lugar'. Então no fim, nós tínhamos certeza de que o experimento tinha acabado. Mas nós tínhamos esses braceletes impressos realmente divertidos que meio que quase eram um tecido, nós meio que pensamos neles como um tipo de tecido, então começamos a pensar - nós poderíamos usar impressão 3D para fazer têxteis? (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁷²

⁷⁰ KIEFER, Cedric. *Generative Design*. (apresentação em evento). Campus Party Europe. 2012. Disponível em: <<https://vimeo.com/48858267>>. Acesso em 24 out. 2016.

⁷¹ KIEFER, Cedric. *POSTmatter interview - onformative*. (entrevista). 2013. Disponível em: <<https://vimeo.com/66229580>>. Acesso em 24 out. 2016.

⁷² ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

Mais uma vez ao longo da experimentação se produz sentidos. O artefato que foi um bracelete plano em um primeiro momento motivou uma segunda trajetória experimental na qual se desenvolveu um vestido, que embora seja outro artefato, compartilha uma estrutura similar e o mesmo princípio construtivo.

Assim como ocorre com os produtos Flyte e Lyfe do *Assembled in Sweden*, neste último relato há transferência de aprendizagem entre processos experimentais, mas em ambos os casos há também uma transferência dos princípios construtivos e estruturais dos artefatos.

Diferentemente dos relatos anteriores, nestes dois últimos casos pode ser observada certa consistência entre os sentidos produzidos para cada artefato. Embora sejam, respectivamente, uma luminária e um vaso que levitam, e no outro caso, um bracelete e um vestido impressos em 3D, são como produtos de uma mesma família, cujos princípios funcionais refletem nas configurações estéticas e nas relações de uso.

O relato do criador da .MGX revela o que está por trás da criação de uma família de luminárias: o sentido muda pouco entre os artefatos, embora também tenha sido mais desenvolvido durante o processo experimental do que resultado de uma conceituação inicial concreta.

No relato da *Onformative*, o artefato muda drasticamente de aparência e função por várias vezes e com rapidez, em um curto espaço de tempo.

Já no caso do *Strawbees* os artefatos materiais variam pouco, enquanto há muitas mudanças de sentido, há inclusive descobertas de sentido para um mesmo artefato, que não muda.

Assim, quatro dinâmicas de produção de sentido, diferentes, são reveladas.

Na primeira, parte da produção de sentido de uma trajetória experimental é transferida para outra trajetória. São criados artefatos que compartilham características em comum.

Na segunda, o sentido produzido muda pouco em um conjunto de artefatos, pode-se deduzir que o sentido é transferido entre trajetórias e artefatos.

Na terceira, há mudanças bruscas e rápidas de sentidos e artefatos; e na quarta, o sentido muda drasticamente mas o artefato não.

São quatro modos distintos de se conduzir a experimentação como produção de sentido, caracterizadas por variações de estabilidade entre conceito e artefato que ilustram, inclusive, certa independência entre os dois.

Cada uma destas dinâmicas experimentais serve a objetivos distintos: o desenvolvimento incremental de um núcleo estrutural (*Assembled in Sweden* e *Nervous System*), desenvolvimento de uma família de produtos (.MGX),

exploração do espaço de possibilidades de um arranjo experimental (*Onformative*) e a criação de um artefato para investigar sentidos desejáveis por usuários (*Strawbees/Quirkbot*).

O Quadro 13 organiza estas relações.

Quadro 13 – Variações de estabilidade entre produção de sentido e artefatos

| Objetivos | Variações de estabilidade entre sentido e artefato |
|---|--|
| Desenvolvimento incremental de um núcleo estrutural | Produção de sentido é parcialmente transferida entre trajetórias experimentais |
| Desenvolvimento de uma família de artefatos | Sentido muda pouco em um conjunto de artefatos |
| Exploração de possibilidades em um arranjo experimental | Artefato e sentido mudam de modo brusco e rápido |
| Criação de um artefato para investigar sentidos desejáveis por usuários | O sentido muda, o artefato não |

Fonte: elaborado pelo autor.

Na experimentação como produção de sentido são articulados elementos da primeira parte do quadro de referência (experimentação e processo). As trajetórias de experimentação correspondem ao desenvolvimento ou à exploração de cada sentido, experimentos abandonados indicam um ponto de interrupção e mudança de sentido, trajetórias díspares acomodadas apontam para transferências de sentido entre trajetórias experimentais e a estabilidade ou instabilidade do artefato ao longo da experimentação ajuda a caracterizar a dinâmica experimental.

8.2 Experimentação como jogo fluido

Uma postura possível frente à experimentação pós-industrial é encarar a experimentação como jogo fluido, capaz de propiciar descobertas, aberto ao inesperado.

A ideia de experimentação como jogo fluido remete aos experimentos exploratórios, como definidos por Schön (1983, p. 145):

O experimento exploratório é a atividade de sondar, jogar, pela qual nós obtemos uma percepção das coisas são. Ele é bem-sucedido quando leva à descoberta de algo.

Em relação a este conceito de experimento exploratório, a proposta de experimentação como jogo fluido coloca a atividade de sondar e a abertura para a descoberta e o inesperado em um ambiente tecnológico avançado, caracterizado por tecnologias experimentais capazes de propiciar interações ricas e saídas elaboradas para o processo experimental.

O jogo é, de certo modo, antagônico à eficiência. Para Caillois, por exemplo, jogo é gasto, gasto de tempo, de energia, ao mesmo tempo em que é uma atividade voluntária livre, fonte de alegria e divertimento (CAILLOIS, 2001).

Por outro lado, a ideia de experimentação como jogo fluido requer *expertise* técnica para que as tecnologias experimentais não se tornem obstáculos à experimentação.

Não se trata de aguardar passivamente por descobertas, mas de criar condições propícias para que descobertas aconteçam e de se assumir uma postura atenta para descobrir, ou, estar preparado para receber a descoberta.

Ao contrário do imaginário popular, as descobertas não são meramente obras do acaso. Como na máxima atribuída a Pasteur, ‘o acaso favorece apenas a mente preparada’.

A produção de surpresas criativas requer um controle magistral do meio. Não é um produto de apreensão espontânea, um ato de glória súbita. A música e a matemática presenteiam os bem preparados, assim como a poesia e a engenharia. É curioso, mas a surpresa cresce no solo do trabalho duro. (BRUNER, J., *Surprise, Craft and Creativity*. in SCHRAGE, 2000a, p. 128)

Uma vez que ‘saber-como fazer’ é um aspecto essencial da prática experimental, a pessoa preparada seria o *expert*, proficiente técnico e conhecedor dos processos experimentais pela prática.

No entanto, *expertises* não encerram o campo do jogo fluido. Criar as condições para este jogo é também criar um espaço privilegiado para o imprevisível, o impensável, para o risco, a indisciplina, o contra-método, para aquilo que em outros processos experimentais seria erro ou falha.

A dinâmica de produção de sentido apresentada no depoimento do designer do *Onformative* indica, como colocado na seção anterior, a exploração do espaço de possibilidades aberto por um arranjo experimental. Esta é a ideia que se imagina estar por trás das dinâmicas de experimentação como jogo.

Um dos membros do coletivo *Assembled in Sweden* reforça a ideia de experimentação como jogo e a importância da aprendizagem ao longo das práticas experimentais em um processo que não tem início, necessariamente, em um sentido conhecido.

[...] a ideia de um artista e um cientista combinados. Não apenas usar a ciência por razões práticas, mas usar a ciência por outras razões, por razões expressivas. Se você olhar para todos estes experimentos científicos e invenções e inovações, muitos deles aconteceram por meio de diversão, de experimentos, de falhas, de erros... ciência não é tão preto no branco, não é tão certo e errado, ela é confusa e estes são os limites nos quais eu gosto de jogar um pouco... eu sou realmente inspirado pelo magnetismo e eletroímãs... isto é um tipo de ciência e de física, mas também vamos jogar com isso, vamos fazer algo divertido [...] apenas comece a fazer as coisas e aprenda pelo caminho, eu concordo com a ideia de que

conhecimento e aprendizagem vêm pela prática. (MORRIS, S., 2016, informação verbal)⁷³

Assim, opções tecnológicas e configurações de laboratório são determinantes para esta abordagem. Na prática, estes construtos se entrelaçam com o da *expertise*, completando o conjunto de construtos elementares da segunda parte do quadro de referência (experimentação e situação).

Que ferramenta poderia ser mais conhecida por um experimentador do que aquela criada por ele mesmo? Ainda assim um participante do *Unfold* reforça a ideia de que mesmo para o criador de uma ferramenta há o que descobrir durante seu uso: "nós podemos criar novas ferramentas digitais, aprender a partir destas ferramentas e desenvolver novas linguagens formais" (VERBRUGGEN, D., 2012, informação verbal)⁷⁴.

É difícil de imaginar que um indivíduo, mesmo que detentor de *expertise* técnica sobre uma tecnologia ou meio experimental, tenha esgotado as possibilidades experimentais e não tenha o que descobrir, o que explorar, ao experimentar com este meio ou com esta tecnologia.

No entanto, há indícios de que com a aquisição de *expertise* técnica a atenção direcionada às tecnologias para experimentação é liberada para assumir outros focos, como ilustra a fala de um membro do *Onformative*.

Não sei se pensamos tanto em tecnologias como pensávamos no começo. Quando começamos a trabalhar nestes campos estávamos fascinados com as possibilidades e com o que as tecnologias nos permitiam fazer. Agora é seriamente mais sobre as ideias, a tecnologia esmaece no *background*. Elas estão envolvidas de um modo ou de outro na maioria de nossos projetos, mas não são o aspecto-chave. (KIEFER, C., 2013, informação verbal)⁷⁵

Neste caso, o domínio das tecnologias de base para a experimentação parece abrir espaço para um campo de descobertas e para a inclusão de outras tecnologias no arranjo experimental:

Eu acredito que o que é tão diferente e tão interessante na abordagem de design generativo é que a saída é bastante aberta até certo ponto. Você pode começar com uma ideia, e durante o processo perceber que o que você desenvolveu não será uma peça em movimento, mas será muito melhor como uma escultura impressa em 3D. Trabalhando com design generativo você pode fazer essas mudanças durante mesmo em estágios muito avançados. Isso muda definitivamente nosso modo de trabalhar porque não estamos focando tanto na mídia mais, o que dá muita liberdade para desenvolver e criar novos trabalhos de arte. (*Ibid.*)

⁷³ MORRIS, Simon. *I am an art scientist*. (entrevista). *Hackumentary: the culture of making around the world*. 2016. Disponível em: <<https://youtu.be/RpBj1fp-2UU>>. Acesso em 21 out. 2016.

⁷⁴ VERBRUGGEN, Dries. *Me Craft/You Industry: industrious matters*. 2012. (apresentação em evento). Netherlands Institute for Design and Fashion. Disponível em: <<https://vimeo.com/album/1825513/video/36196461>>. Acesso em 23 out. 2016.

⁷⁵ KIEFER, Cedric. *POSTmatter interview - onformative*. (entrevista). 2013. Disponível em: <<https://vimeo.com/66229580>>. Acesso em 24 out. 2016.

Apesar do valor da *expertise* técnica nestas dinâmicas experimentais, o domínio sobre um tipo de tecnologia de base para experimentação não é suficiente para resolver questões de interoperabilidade tecnológica, quando mais de um tipo de tecnologia são articuladas. Como ilustra o depoimento dos membros do *Nervous System*:

A mídia que escolhemos é o código. Nós terminamos fazendo coisas em vários materiais diferentes, metal, madeira, plástico, mas nossa mídia é a programação. Nós não modelamos tradicionalmente em um programa de computador como um pacote CAD e também não somos muito bons em desenhar, o que a gente faz é escrever códigos.

[...] Quando imprimimos pela primeira vez não sabíamos de verdade se funcionaria. [...] quando descemos para a fábrica da Shapeways em NY, que tinha a impressora, nós estávamos extremamente ansiosos, não tínhamos ideia se iríamos ou não terminar com este vestido lindo ou se terminaríamos com algum sólido de plástico. [...] foi um momento muito feliz, tínhamos passado por muito *stress*, talvez tivéssemos que contar ao MOMA [financiador do projeto] que o vestido era uma falha total, teria sido terrível. (ROSENKRANTZ, J.; ROSENBERG, J. L., 2015, informação verbal)⁷⁶

O acesso a uma tecnologia de produção em um modelo de laboratório distribuído e o isolamento entre meios de experimentação e produção colocaram um grupo criativo, que sem dúvida detém *expertises* técnicas relacionadas ao desenvolvimento experimental, em uma situação de insegurança.

Ao mesmo tempo foram estas as condições que permitiram a realização de uma produção experimental inédita, que ao fim do processo experimental produziu um efeito satisfatório: “este vestido lindo [... em um] momento muito feliz”.

Os elementos da segunda parte do quadro de referência para experimentação em design pós-industrial (experimentação e situação) são articulados na experimentação como jogo fluido, que não parte de um desenho de processo, mas avança pela articulação do arranjo experimental e de um conjunto de *expertises* disponíveis.

8.3 Experimentação conscienciosa

Uma terceira postura para a experimentação em design pós-industrial seria o uso atento dos elementos indicados pelo quadro de referência, relacionados ao processo e à situação, em uma postura de experimentação conscienciosa.

Esta abordagem, no entanto, não implicaria necessariamente em adotar uma prática de planejamento.

⁷⁶ ROSENKRANTZ, Jessica; ROSENBERG, Jesse Louis. *Growing Objects*. (apresentação em evento). *Engaged Body*. Boston Architectural College. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/142141608>>. Acesso em: 27 out. 2016.

Embora seja possível planejar o processo experimental a partir dos construtos relacionados ao processo, esta não parece ser a abordagem mais apropriada à uma prática estratégica do design pós-industrial.

Propõe-se adotar os construtos processuais (primeira parte do quadro de referência) ao longo da experimentação para determinar seu curso, assim como, que os elementos do quadro de referência sejam adotados para caracterizar a experimentação da maneira como ela se dá de fato e assim registrar o processo, seus elementos e interdependências.

Registros como estes ampliaram as oportunidades de reconhecimento e retomada de ciclos e trajetórias experimentais já realizados.

Os mesmos procedimentos podem ser adotados em relação aos construtos situacionais (segunda parte do quadro de referência), contudo, para estes construtos propõe-se que seja pensada uma configuração inicial, um ponto de partida sujeito a alterações e adições temporárias ou permanentes no arranjo experimental durante a experimentação.

Para além de conduzir e registrar a experimentação, uma abordagem de experimentação conscienciosa permitiria experimentar com a experimentação, circunstância na qual a experimentação seria, ela mesma, objeto experimental.

Neste tipo de metaprocesso experimental, a experimentação provocaria a prática reflexiva sobre o processo e o arranjo experimental como um todo.

Nesse sentido, se experimenta para explorar ou testar não somente diferentes arranjos entre elementos experimentais ajustados, como também para transformar o processo e inserir ou afastar elementos experimentais.

Abre-se, por fim, a possibilidade de arranjos experimentais temporários, que poderiam servir para testes, inclusive para testar o próprio arranjo temporário, para a aprendizagem relacionada a elementos tecnológicos específicos, ou mesmo para a investigação de efeitos decorrentes de relações que implicam questões de interoperabilidade tecnológica, por exemplo.

Estes arranjos poderiam ainda ser retomados em trajetórias experimentais futuras ou em fase distintas de um mesmo processo experimental. Nestes casos, poderiam entendidos como arranjos flutuantes, que podem ser deslocados e retomados.

8.4 Emaranhamentos dinâmicos de recursos e competências

Neste capítulo foram introduzidas três posturas frente a experimentação e seus elementos, como alternativas para elaborações estratégicas. A elaboração

destas propostas parte do pressuposto de que os valores subjacentes aos interesses industriais não são adequados à formulação de estratégias para um design pós-industrial baseado na experimentação.

Assim, a predefinição de características das saídas do processo de desenvolvimento; a eficiência no processo de desenvolvimento, explícita nos ideais de otimização, redução de tempo e custos, recorrentes na literatura gerencial; e, a divisão do trabalho por meio da distribuição e simplificação das tarefas são questionados por uma mentalidade que pode ser pensada, de maneira flexível, a partir destas três linhas não excludentes.

A experimentação como produção de sentido, pode ser entendida como uma resposta à falácia do controle sobre as saídas do processo. Ao longo da experimentação o artefato é conceituado e este conceito pode ser reformulado em direções não previstas.

Os elementos da primeira parte do quadro de referência (experimentação e processo) são articulados nestas dinâmicas experimentais.

A experimentação como jogo fluido, pode ser entendida como resposta à falácia da eficiência no contexto da experimentação pós-industrial. A postura assumida é a de jogar, brincar, explorar oportunidades abertas pelos construtos situacionais da experimentação.

O laboratório, a matriz de opções tecnológicas e o conjunto de *expertises* oferecem as condições para este jogo que o experimentador joga em busca de descobertas. Os elementos da segunda parte do quadro de referência (experimentação e situação) são articulados na criação de um arranjo experimental determinante sobre o espaço para a exploração de possibilidades.

Por fim, a experimentação conscienciosa é proposta como resposta à alienação do processo e à simplificação do trabalho em tarefas determinadas.

Em um contexto no qual hierarquias e burocracias perdem sentido, sugere-se que o experimentador assuma o processo conscientemente e desenhe, ele mesmo, o emaranhado de configurações com os elementos do processo e da situação experimental.

Nesta terceira proposição todos elementos do quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial são articulados em um processo consciente que cria, ao mesmo tempo, um campo tecnológico para a experimentação em design e o processo de experimentação neste campo.

Abre-se assim, ainda, a possibilidade de experimentar com a experimentação, com seus processos e com suas condições.

Em todas as três abordagens propostas os elementos do quadro de referência são usados de maneira dinâmica, ao longo da experimentação, para direcionar sua condução, criar condições experimentais ou para compreender o processo na medida em que ele acontece.

O quadro de referência para experimentação em design pós-industrial pode ser usado ainda como recurso estruturante para registros de experimentos e de trajetórias experimentais.

Um último aspecto que não pode ser ignorado é que estas três abordagens propostas não são excludentes e, portanto, podem ser articuladas em inúmeros processos e arranjos experimentais.

Praticadas separadamente ou em conjunto, cada uma destas três abordagens propicia emaranhamentos dinâmicos de elementos da experimentação – recursos e competências – que são delineados ao longo da experimentação e orientados por uma postura baseada no entendimento da experimentação como produção de sentido, pela prática experimental como jogo fluido ou pela prática conscienciosa da experimentação.

Estas seriam alternativas estratégicas para experimentação, nas quais recursos são configurados e articulados junto a competências (ou *expertises*) em arranjos dinâmicos que emergem nas práticas experimentais e são, cada um em seu modo particular, determinantes sobre o processo e a produção experimental.

9

Considerações finais

Ao longo deste trabalho se procurou produzir contribuições para o conhecimento de maneira incremental.

Elaboraões e proposições teóricas iniciais a partir da organização de conhecimentos já existentes, apresentadas nos capítulos 2, 3, 4 e 5, são as primeiras contribuições originais desta pesquisa.

Os entendimentos em torno da ideia de design pós-industrial parecem ter estagnado no artigo de Nigel Cross publicado em 1981. Muito pouco foi publicado sobre o tema depois disso e, mesmo o que foi publicado, não acrescenta muito ao artigo de Cross.

Assim, a organização dos conhecimentos sobre a sociedade pós-industrial em termos de transformações de continuidade e de ruptura e, em especial, a associação desta divisão à proposição de duas alternativas principais para o design pós-industrial, respectivamente, uma de base metodológica e outra baseada na experimentação, são contribuições originais deste trabalho.

No capítulo 3, a organização de construtos-chave a partir da revisão de correntes teóricas que tratam da experimentação em design levou à organização do quadro de referência preliminar para a experimentação em design (p.62) que também é uma contribuição que não deixa de ser consistente.

Embora parte de sua fundamentação esteja associada a um contexto organizacional industrial, uma vez que se reconhece que as diferentes formas de organização coexistem, presume-se que seja um quadro ainda válido. Mesmo que preliminar para esta tese, talvez seja uma contribuição suficiente para o design nas situações em que esteja inserido e ajustado ao contexto e aos valores da organização industrial tradicional.

A discussão no capítulo 3 revela traços positivistas e a permanência de valores da era industrial, como controle e eficiência, nas estruturas determinísticas da gestão de desenvolvimento de produtos e serviços, de um lado, e de outro, o caráter essencialmente descritivo e não instrumental das práticas reflexivas.

O capítulo 4 apresenta uma revisão abrangente sobre design estratégico, desde suas primeiras manifestações na indústria, alcançando reflexões recentes

e teorias pouco exploradas da estratégia junto ao campo do design. A organização destes conhecimentos indicou aspectos-chave das diversas perspectivas, particularidades e similaridades destas abordagens foram evidenciadas.

Por fim, a partir da discussão destes aspectos foram apontadas direções para um design estratégico pós-industrial, que seria uma abordagem de estratégia como configuração de recursos para a experimentação, produzida nas práticas operacionais e, portanto, pela experimentação.

De modo similar, a contribuição do capítulo 5 está na caracterização, lado a lado, de três eixos tecnológicos para a experimentação em design pós-industrial na contemporaneidade: a fabricação digital, as interfaces físicas com computação embarcada e os sistemas paramétricos e generativos.

Esta revisão conduziu a um entendimento inicial das implicações e efeitos da disponibilidade destas tecnologias para o design.

Limitações associadas à interoperabilidade de elementos tecnológicos foram antecipadas; é iniciada uma discussão sobre a necessidade de aquisição de *expertise* técnica para o uso destas tecnologias; e, por fim é evidenciado o fenômeno de comunidades de prática que se forma em torno destas tecnologias, que possibilitam um tipo de aprendizagem não programática e o avanço das próprias tecnologias para experimentação.

Este conjunto de contribuições iniciais (nos capítulos 2, 3, 4 e 5) fez com que fosse possível um tipo de diálogo reflexivo entre proposições teóricas e evidências empíricas trianguladas que resultou nas contribuições mais expressivas da tese, nos capítulos 7 e 8.

O conteúdo do capítulo 7 vai de encontro com o objetivo inicial desta pesquisa, de produzir conhecimentos que auxiliem a compreensão de práticas emergentes da experimentação em design pós-industrial.

O quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial é produzido a partir da exploração de elementos-chave da experimentação em design pós-industrial, identificados e caracterizados em uma justaposição de evidências empíricas trianguladas e proposições teórico-conceituais.

O quadro é formado por duas partes. A primeira (experimentação e processo) agrupa os elementos que dizem respeito ao processo experimental. Na segunda (experimentação e situação) são agrupados os elementos que determinam as condições para a experimentação.

Na primeira parte do quadro, que contém elementos do processo, a distinção de experimentos técnicos e o reconhecimento de experimentos incompletos e abandonados, assim como a conceituação de trajetórias de experimentação e o

reconhecimento de trajetórias díspares acomodadas ou retomadas em um processo experimental, são contribuições originais para o conhecimento.

Em relação ao artefato experimental foi produzida uma tipologia de artefatos pelas categorias: instâncias fechadas, circuitos fechados (fixos ou interativos), artefatos abertos (para especialistas e para leigos) e híbridos ferramenta-artefato.

Na segunda parte do quadro, que contém os construtos situacionais, algumas das principais contribuições foram: o reconhecimento de uma matriz combinatória de opções tecnológicas estáticas ou dinâmicas, a autoprodução da tecnologia experimental, a caracterização de tecnologias como dedicadas ou distribuídas, o grau de sobreposição entre tecnologias experimentais e de produção, e, modos de registro de experimentos.

Além disso, esta segunda parte do quadro se encerra com a categoria grupos e *expertise*, em relação a qual foi proposta a distinção entre *expertises* técnicas e experimentais, a partir de uma percepção de complementaridade entre estes tipos de *expertise* nas evidências empíricas e a distinção entre multiplicidade disciplinar e indisciplinar.

Este quadro de referência, bem como a caracterização dos elementos que o constituem, deve servir a propósitos descritivos e analíticos das práticas de experimentação em design em design pós-industrial.

Um caráter instrumental é atribuído para este quadro ao longo do capítulo 8. O quadro de referência passa a ser compreendido como instrumento para a prática estratégica quando seus elementos são associados a três posturas experimentais não excludentes.

Cada uma destas três abordagens implica em um emaranhamento dinâmico de recursos e competências (ou *expertises*) a partir do quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial.

Estas abordagens ainda fazem frente à ideia enganosa de que valores da era industrial permaneceriam válidos para práticas de design pós-industrial baseadas na experimentação.

A experimentação como produção de sentido é uma abordagem que contraria a ideia do controle sobre as saídas do processo experimental. Os artefatos e seus sentidos são desenvolvidos experimentalmente em dinâmicas experimentais que articulam os elementos da primeira parte do quadro de referência (experimentação e processo).

A experimentação como jogo fluido é uma resposta à falácia da eficiência experimental no contexto pós-industrial. Esta proposta é baseada na exploração de oportunidades abertas pelos construtos situacionais da experimentação.

Assim, os elementos da segunda parte do quadro de referência (experimentação e situação) são articulados na criação de um arranjo experimental determinante sobre o espaço para a exploração de possibilidades.

A experimentação conscienciosa é proposta como resposta à alienação do processo e à simplificação do trabalho em tarefas determinadas por terceiros. Propõe-se que o experimentador assuma o processo conscientemente e desenhe, ele mesmo, o emaranhado de configurações com os elementos do processo e da situação experimental. Todos elementos do quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial são articulados, determinando as condições e o processo experimental ao longo das práticas.

Abre-se assim a possibilidade de experimentar com a experimentação, com seus processos e com suas condições.

Por fim, o quadro de referência pode ser usado ainda como estrutura conceitual para registros de experimentos e de trajetórias experimentais.

O conteúdo deste capítulo vai de encontro com o objetivo de produzir conhecimentos que possam orientar articulações e inter-relações estratégicas entre os construtos do quadro de referência.

Ao conciliar entendimentos de utilidade descritiva-analítica e instrumental, que, ao mesmo tempo, se encontram situados no cerne das práticas experimentais, espera-se ter alcançado, com estes dois capítulos (8 e 9) um certo balanceamento que não é encontrado na teoria da prática reflexiva e na gestão de desenvolvimento de produtos e serviços.

Embora não faça parte do escopo deste trabalho, cabe considerar que mesmo as práticas de design pós-industrial que enfatizem uma abordagem analítica e metódica podem ser conciliadas com a experimentação em design pós-industrial e com os elementos e estratégias identificados nesta pesquisa.

Nesse sentido, a experimentação em design pós-industrial poderia ser útil mesmo em um contexto de continuidade, ou seja, em um contexto industrial avançado em relação à organização industrial tradicional.

No entanto, como se argumentou, neste contexto ainda prevalecem valores de eficiência e controle herdados da era industrial, que fazem com que este não seja um contexto ideal para a experimentação pós-industrial e suas práticas abertas e pouco previsíveis.

Para os fins assumidos neste trabalho foi essencial assumir as distinções entre sociedade, organizações e design 'industriais' e 'pós-industriais'. Somente a partir desta distinção e de um distanciamento dos valores que conformaram boa parte do ensino, das teorias e das práticas em design foi possível avançar.

Obviamente, assim como diferentes valores e formas de organização do design e da produção coexistem, os contextos para o design não se reduzem apenas a dois polos opostos.

Os fatores que constituem estes contextos se entremeiam e produzem uma grande variedade de situações. A pluralidade característica dos contextos reais pode comportar, em situações únicas, determinados aspectos das sociedades pós-industriais ao lado de outros típicos da era industrial.

Dada a variedade de contextos possíveis, é interessante que se faça alguma reflexão prévia antes de adotar o quadro e as sugestões de aplicação, que certamente se mantêm abertos a modificações, expansões, novas sínteses, enfim, a uma variedade de transformações.

Assim, ficam as proposições do quadro de referência para a experimentação em design pós-industrial e de uma nova consciência estratégica sobre a prática da experimentação em design.

Espera-se que concluir este trabalho também seja, de certo modo, chegar a um início e não a um fim. Que se possa a partir deste ponto, cada vez mais produzir sentidos, jogar com possibilidades e assumir processos de modo consciencioso, para que o potencial estratégico da experimentação em design possa ser explorado, crescentemente conhecido e, presumivelmente, apoiar as práticas de experimentação em design pós-industrial e a autoprodução, para que sejam ainda mais efetivas do que têm sido até então.

Limitações e sugestões para pesquisas futuras

Embora se acredite ter alcançado saturação teórica na fundamentação deste trabalho e na exploração das evidências empíricas, e, que sua condução metodológica tenha viabilizado contribuições, mesmo que modestas, honestas e substanciais para o corpo de conhecimentos do campo, como qualquer trabalho acadêmico esta tese também tem suas limitações.

Primeiro, há limites de escopo. Por menos que se queira, se faz necessário abandonar linhas de interesse periféricas, para viabilizar uma produção central útil e proveitosa. Nesse sentido temas como ‘o design como disciplina’, ‘design e artesanato’, ‘inovação orientada pelo design’, entre outros, ficaram pelo caminho.

A exploração destes temas, associados à temática desta tese é uma das formas de produção complementar de conhecimentos que pode ser sugerida para pesquisas futuras.

Há também limites impostos pela disponibilidade de terceiros em participar da pesquisa. Não há como saber ao certo quais seriam os resultados de um eventual engajamento maior dos convidados e dos participantes.

Nos dois grupos para os quais não houve participação direta na pesquisa, todos os indivíduos que participam dos processos criativos foram contatados e convidados a participar. Nesse sentido, se entende que há limitações inerentes ao método escolhido para a pesquisa, decorrentes da seleção dos casos e dos indivíduos convidados a participar.

A investigação de outros casos seria o caminho mais previsível para futuras pesquisas a partir deste trabalho.

Contudo, outras abordagens metodológicas diferentes do estudo de casos poderiam produzir conhecimentos importantes sobre a experimentação em design pós-industrial.

Uma limitação clara do estudo de casos múltiplos, em especial quando se trata de estudar o trabalho de outras pessoas – que presumivelmente, estão ocupadas – é a dificuldade de se obter informações suficientes para cobrir todo o protocolo de coleta de evidências para cada caso.

A adoção de múltiplas fontes de evidência ao lado da abertura de três canais de participação direta (entrevista, questionário e conversas informais) foi a alternativa encontrada para obter as informações necessárias ao estudo de casos.

Uma abordagem de pesquisa etnográfica presumivelmente resolveria esta limitação, uma vez que o pesquisador teria acesso amplo a informações sobre o grupo investigado.

Não é difícil imaginar a riqueza de um estudo etnográfico sobre o tema desta pesquisa. A imersão em grupos de experimentação em design pós-industrial favoreceria o aprofundamento do trabalho em uma situação específica, embora este aprofundamento se dê em detrimento de outras situações que não seriam investigadas.

Assim, a condução de estudos etnográficos sobre a experimentação em design pós-industrial é outra sugestão para pesquisas futuras.

Por fim, esforços de ‘pesquisa pelo design’ que experimentem a produção teórica desta tese, parecem promissores para análise crítica e a produção de incrementos teóricos.

Cabe destacar que estas outras abordagens metodológicas carregam suas próprias limitações. Pesquisas etnográficas dificilmente compreenderiam mais de um grupo criativo, dada a duração e o envolvimento do pesquisador exigido pela abordagem; e pesquisas pelo design, por sua vez, limitam as observações do

pesquisador-experimentador às suas próprias práticas, excluindo as práticas de terceiros.

Além destas sugestões, novos estudos de casos a partir da mesma base teórica adotada para esta pesquisa poderiam produzir contribuições importantes, levando à expansão das questões levantadas ou a uma maior profundidade em determinados tópicos acompanhada de um aumento de foco e recorte, que poderia ser definido a partir dos próprios elementos que constituem o quadro de referência para a experimentação pós-industrial.

AL-KAZAZ, D. A.; BRIDGES, A. H. *A framework for adaptation in shape grammars. Design Studies*, v. 33, p. 342-356, 2012.

ANDERSON, C. **A Nova Revolução Industrial: makers**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ANTONELLI, P. *States of Design 03: tinkering. DOMUS*, 2011. Disponível em: <<http://www.domusweb.it/en/design/2011/07/04/states-of-design-03-tinkering.html>>. Acesso em: 22 abr 2016.

ARCHER, B. *The Nature of Research. Co-design Journal*, v. 2, n.11, 1995.

ARDUINO LLC. **Arduino**, 2016. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

ATKINSON, P. *et al. Post Industrial Manufacturing Systems: the undisciplined nature of generative design. Undisciplined! Design Research Society Conference 2008*. Sheffield: Sheffield Hallam University. 2008. p. 194/1-194/18.

AVITAL, M. *The Generative Bedrock of Open Design. In: VAN ABEL, B., et al. Open Design Now: why design cannot remain exclusive*. Amsterdam: BIS Publishers, 2011.

BARBA, E. *Cultural Change in the Twenty-First Century Shop Class. Design Issues*, v. 31, n.4, p. 79-90, 2015.

BARR, M.; MASSA, A. **Programming Embedded Systems**. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2006.

BARRAGÁN, H. *The Untold History of Arduino*, 2016. Disponível em: <<https://arduinhistory.github.io/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. Tradução de Itiro lida. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1998.

BELL, D. **The Coming of Post-Industrial Society**. New York: Basic Books, 1973.

BENJAMIN, D.; NAGY, D.; OLGUIN, C. *Growing Details. Architectural Design*, v. 84, issue 4, p. 98-103, 2014.

BENTLEY, P. J.; CORNE, D. W. *An Introduction to Creative Evolutionary Systems. In: BENTLEY, P. J.; CORNE, D. W.; (EDS.). Creative Evolutionary Systems*. London: Morgan Kaufman / Academic Press, 2002. p. 1-75.

BEST, K. **Design Management: managing design strategy, process and implementation**. Lausanne: AVA Publishing, 2006.

BINDER, T.; BRANDT, E. *The Design:Lab as a platform in participatory design research*. **CoDesign**, v. 4, n.2, p. 115-129, 2008.

BLUM, J. **Exploring Arduino: tools and techniques for engineering wizardry**. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2013.

BREMNER, C.; RODGERS, P. *Design Without Discipline*. **Design Issues**, v. 29, n. 3, p. 4-13, 2013.

BROWN, T. **Change by Design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation**. New York: Harper Collins, 2009.

BRUCE, M.; BESSANT, J. **Design in Business: strategic innovation through design**. Essex: Pearson Education, 2002.

BUCHANAN, R. *Rhetoric, Humanism, and Design*. In: BUCHANAN, R.; MARGOLIN, V.; (EDS.). **Discovering Design: explorations in design studies**. Chicago: Chicago University Press, 1995a. p. p.23-66.

BUCHANAN, R. *Wicked Problems in Design Thinking*. In: MARGOLIN, V.; BUCHANAN, R.; (EDS.) **The Idea of Design**. Cambridge, MA: MIT Press, 1995b. p. 3-20.

BUCHANAN, R. *Education and Professional Practice in Design*. **Design Issues**, v. 14, n.2, p. 63-66, 1998.

BÜRDEK, B. *Experiments in Design*. In: NOEVER, P. **Thomas Feichtner Edge to Edge: experimental design**. Basel: Birkhäuser, 2010. p. 30-35.

BÜRDEK, B. E. **História, Teoria e Prática do Design de Produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CAILLOIS, R. **Man, Play and Games**. Illinois: University of Illinois Press, 2001.

CARELLI, A.; BIANCHINI, M.; ARQUILLA, V. **The 'Makers contradiction'. The shift from a counterculture-driven DIY production to a new form of DIY consumption**. 5th STS Italia Conference. *A Matter of Design: Making Society through Science and Technology*. Milan: [s.n.]. 2014. p. 439-460.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CAUTELA, C.; ZURLO, F. *Managing Five Tensions of the Design Process*. **Design Management Review**, v. 22, n.3, p. 6-14, 2011.

CELASCHI, F.; FORMIA, E.; LUPO, E. *From Trans-disciplinary to Undisciplined Design Learning: educating through/to disruption*. **Strategic Design Research Journal**, v. 6, n.1, p. 1-10, 2013.

CHESBROUGH, H. **Inovação Aberta**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CHHATPAR, R. *Analytic Enhancements to Strategic Decision-making: from the designer's toolbox*. In: LOCKWOOD, T.; WALTON, T. **Building Design Strategy: using design to achieve key business objectives**. New York: Allworth Press, 2008. p. 13-22.

CHRISTENSEN, C. **The Innovator's Dilemma**. 3. ed. New York: Harper Business, 2003.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing New Product and Process Development**. New York: Free Press, 1993.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio Management for New Products**. 2. ed. New York: Basic Books, 2001.

COOPER, R.; JUNGINGER, S.; LOCKWOOD, T. (Eds.). **The Handbook of Design Management**. Oxford: Berg, 2011.

COOPER, R.; PRESS, M. **The Design Agenda: a guide to successful design management**. Sussex: John Wiley & Sons, 1995.

COUGHLAN, P. *Managing Design: an operations management perspective*. In: BRUCE, M.; BESSANT, J. **Design in Business: strategic innovation through design**. Essex: Pearson Education, 2002. p. 112-137.

CROSS, N. *The Coming of Post-Industrial Design*. **Design Studies**, v.2, 1981. p.3-7.

CROSS, N. **Designersly Ways of Knowing**. London: Springer, 2006.

CROSS, N. **Engineering Design Methods: strategies for product design**. 4th. ed. Sussex: John Wiley & Sons, 2008.

CROSS, N. **Design Thinking: understanding how designers think and work**. New York: Berg Publishers, 2011.

DAVIS, D.; PETERS, B. *Design Ecosystems: customising the architectural design environment with software plug-ins*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, 2013.

DAWKINS, R. **O Relojero Cego**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

DE MASI, D. **A Sociedade Pós-Industrial**. São Paulo: SENAC, 1999.

DELL'ERA, C.; VERGANTI, R. *Design-Driven Laboratories: organization and strategy of laboratories specialized in the development of radical design-driven innovations*. **R&D Management**, v.39, 2009.

DESERTI, A.; RIZZO, F. *Design and the Cultures of Enterprises*. **Design Issues**, v. 30, n.1, p. 36-56, 2014.

DORST, K. *Design Research: a revolution waiting to happen*. **Design Studies**, v. 29, n.1, p. 4-11, 2008.

DORST, K.; CROSS, N. *Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution*. **Design Studies**, v. 22, n.5, p. 427-437, 2001.

DOUBROVSKI, E. L. et al. *Voxel-based Fabrication Through Material Property Mapping: a design method for bitmap printing*. **Computer-Aided Design**, v. 60, p. 3-13, 2015.

DREYFUS, H. L.; DREYFUS, S. E. *Peripheral Vision: expertise in real world contexts*. **Organization Studies**, v. 26, n.5, p. 779-792, 2005.

DROZ, D. *Prototyping: a key to managing product development*. **Journal of Business Strategy**, v. 13, issue 3, p. 34-38, 1992.

DUBOIS, A.; GADDE, L.-E. *Systematic Combining: an abductive approach to case research*. **Journal of Business Research**, v.55, 2002. p.553-560.

DUMAS, A.; MINTZBERG, H. *Managing Design / Design Management*. **Design Management Journal**, v. 1, n. 1, 1989. 37-43.

DYKES, T. H.; RODGERS, P. A.; SMYTH, M. *Towards a New Disciplinary Framework for Contemporary Creative Design Practice*. **CoDesign**, v. 5, n.2, p. 99-116, 2009.

EISENHARDT, K. M. *Building Theories from Case Study Research*. **Academy of Management Review**, v.14, n.4, 1989. p.532-550.

ESSLINGER, H. **A Fine Line: how design strategies are shaping the future of business**. San Francisco: Wiley, 2009.

FAB FOUNDATION. *What qualifies as a Fab Lab?*, 2015. Disponível em: <<http://www.fabfoundation.org/fab-labs/fab-lab-criteria/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

FINDELI, A. *Introduction*. **Design Issues**, v. 15, n.2, p. 1-3, 1999.

FLUSSER, V. **O Universo das Imagens Técnicas: elogio da superficialidade**. São Paulo: Annablume, 2008.

FORTY, A. **Objetos de Desejo: design e sociedade desde 1750**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

FRANZATO, C. O Design Estratégico no diálogo entre Cultura de Projeto e Cultura de Empresa. **Strategic Design Research Journal**, v. 3, n.3, p. 89-96, 2010.

FRANZATO, C. O Processo de inovação dirigida pelo design: um modelo teórico. **Redige**, v. 2, n.2, p. 50-62, 2011.

FRAYLING, C. *Research in Art and Design*. **Royal College of Art Research Papers**, London, v. 1, n. 1, 1993.

FRAZER, J. **An Evolutionary Architecture**. Londres: AA Publications, 1995.

FRAZER, J. *Creative Design and the Generative Evolutionary Paradigm*. In: BENTLEY, P. J.; CORNE, D. W.; (EDS.). **Creative Evolutionary Systems**. London: Morgan Kaufman / Academic Press, 2002. p. 253-274.

FRIESEN, L.; VIANELLO, L. *Form as Unknow*. In: TEDESCHI, A. **AAD_Algorithms-Aided Design**. Potenza: Le Penseur, 2014. p. 395-402.

GALLE, P. *Foundational and Instrumental Design Theory*. **Design Issues**, v. 27, n.4, p. 81-94, 2011.

GARDIEN, P. et al. *Changing your Hammer: the implications of paradigmatic innovation for design practice*. **International Journal of Design**, v. 8, n.2, p. 119-139, 2014.

GERSHENFELD, N. **FAB: the coming revolution on your desktop**. New York: Basic Books, 2005.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: rapid prototyping to direct digital manufacturing**. New York: Springer, 2010.

GLANVILLE, R. *Researching Design and Designing Research*. **Design Issues**, v. 15, n.2, p. 80-91, 1999.

GLANVILLE, R. *Designing Complexity*. **Performance Improvement Quarterly**, v. 20, n.2, p. 75-96, 2007a.

GLANVILLE, R. *Try again. Fail again. Fail better: the cybernetics in design and the design in cybernetics*. **Kybernetes**, v. 36, n.9/10, p. 1173-1206, 2007b.

GORB, P. (Ed.). **Design Management: papers from the London Business School**. London: London Business Book, 1990.

GORB, P. **The Design Management Interface**. *Design Thinkers*. Toronto: [s.n.]. 2001. p. 13.

GORB, P.; DUMAS, A. *Silent Design*. **Design Studies**, v. 8, n.3, p. 150-156, 1987.

GRAY, D. E. **Pesquisa no Mundo Real**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

HALL, A. *Experimental Design: design experimentation*. **Design Issues**, v. 27, n.2, p. 17-26, 2011.

HALL, R. H. **Organizações: estruturas, processos e resultados**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. *Strategic Intent*. **Harvard Business Review**, may-june 1989. 63-76.

HAZELTINE, B.; BULL, C. **Appropriate Technology: tools, choices, and implications**. San Diego: Academic Press, 1999.

HEATH, S. **Embedded Systems Design**. 2. ed. Oxford: Newnes - Elsevier Science, 2003.

HERTENSTEIN, J. H.; PLATT, M. B.; VERYZER, R. W. *What is 'Good Design'?: an investigation of the complexity and structure of design*. **Design Management Journal**, v. 8, n. 1, 2013. p. 8-21.

HESKETT, J. **Design**. São Paulo: Ática, 2008.

HOLSTON, D. **The Strategic Designer: tools for managing the design process**. Cincinnati: How Books, 2011.

HOPKINSON, N.; HAGUE, R. J. M.; DICKENS, P. M. (Eds.). **Rapid Manufacturing: an industrial revolution for the digital age**. Sussex: John Wiley & Sons, 2006.

IKEDA, M. *Strategic Design*. In: ERLHOFF, M.; MARSHALL, T. **Design Dictionary: perspectives on design terminology**. Basel: Birkhäuser, 2008. p. 373-376.

IMBESI, L. **Design for Post-Industrial Societies**. *Doctoral Education in Design Conference*. Hong Kong: [s.n.]. 2011.

IMBESI, L. **Design Comes Out of Industry: new critical approaches for design in the economy of post-production**. Crossing Talents! Cumulus Conference. Aalto University. Helsinki: [s.n.]. 2012. p. 36-43.

INSTITUTE FOR REGENERATIVE MEDICINE. *Bioprinting: using ink-jet technology to print organs and tissue*. **Institute for Regenerative Medicine - Wake Forest School of Medicine**, 2016. Disponível em: <<http://www.wakehealth.edu/Research/WFIRM/Our-Story/Inside-the-Lab/Bioprinting.htm>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

JOHNSON, G.; MELIN, L.; WHITTINGTON, R. *Micro Strategy and Strategizing: towards an activity-based view*. **Journal of Management Studies**, v. 40, n.1, p. 3-22, 2003.

JOHNSON, G.; SCHOLLES, K.; WHITTINGTON, R. **Explorando a Estratégia Corporativa**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

JONAS, W. A. *Scenario for Design*. **Design Issues**, v. 17, n.2, p. 64-80, 2001.

JONAS, W. *Design Research and its Meaning to the Methodological Development of the Discipline*. In: **BIRD Design Research Now: essays and selected projects**. Basel: Birkhäuser Verlag AG, 2007a. p. 187-206.

JONAS, W. *Research Through Design Through Research*. **Kybernetes**, v. 36, n.9, p. 1362-1380, 2007b.

JONES, J. C. **Design Methods**. 2nd. ed. New York: John Wiley & Sons, 1992.

JOZIASSE, F. *Corporate Strategy: bringing design management into the fold*. In: LOCKWOOD, T.; WALTON, T. **Building Design Strategy: using design to achieve key business objectives**. New York: Allworth Press, 2008. p. 23-32.

KAPLAN, F. **1959: The Year Everything Changed**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

KEEN, A. **O Culto do Amador**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.

KELLEY, T. **A Arte da Inovação**. São Paulo: Futura, 2001.

KNIPPERS, J. *From Model Thinking to Process Design*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, p. 74-81, 2013.

KOSKINEN, I.; BINDER, T.; REDSTRÖM, J. *Lab, Field, Gallery, and Beyond*. **Artifact**, v. II, issue 1, p. 46-57, 2008.

KRIPPENDORFF, K. *On the Essential Contexts of Artifacts or on the Proposition that Design is Making Sense (of Things)*. **Design Issues**, v. 5, n. 2, p. 9-39, 1989.

KRIPPENDORFF, K. **The Semantic Turn: a new foundation for design**. Boca Raton: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2006.

KRIPPENDORFF, K. *Principles of Design and a Trajectory of Artificiality*. **Journal of Product Innovation Management**, v. 28, p. 411-418, 2011.

KRISH, S. A. *Practical Generative Design Method*. **Computer-Aided Design**, v. 43, p. 88-100, 2011.

KROES, P. *Design Methodology and the Nature of Technical Artefacts*. **Design Studies**, v. 23, p. 287-302, 2002.

KUMAR, K. **Da Sociedade Pós-Industrial à Pós-Moderna: novas teorias sobre o mundo contemporâneo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

KUNIAVSKY, M. **Smart Things: ubiquitous computing user experience design**. Massachusetts: Elsevier, 2010.

KVERNLAND, R. S. *Small but Mighty: the tiny microcontrollers that shall prevail*. **Atmel Corporation**, 2016. 1-5.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A Construção do Saber**. Porto Alegre / Belo Horizonte: Editora Artmed / UFMG, 1999.

LAWSON, B. **How Designers Think: the designers process demystified**. 4. ed. Oxford: Architectural Press, 2005.

LEONARD-BARTON, D. *Inanimate Integrators: a block of wood speaks*. **Design Management Journal**, v. 2, issue 3, p. 61-67, 1991.

LEONARD-BARTON, D. *The Factory as a Learning Laboratory*. **MIT Sloan Management Review**, v. 34, n.1, p. 23-28, 1992.

LIEDTKA, J. *Beyond Strategic Thinking: strategy as experienced*. In: MARTIN, R.; CHRISTENSEN, K. **Rotman on Design**. Toronto: University of Toronto Press, 2013a. p. 158-163.

LIEDTKA, J. *Strategy as Design*. In: MARTIN, R.; CHRISTENSEN, K. **Rotman on Design**. Toronto: University of Toronto Press, 2013b. p. 20-25.

LIPSON, H.; KURMAN, M. **Fabricated: the new world of 3d printing**. Indianapolis: Wiley, 2013.

LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para a configuração de produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOCKWOOD, T. *Design Value: a framework for measurement*. In: LOCKWOOD, T.; WALTON, T. **Building Design Strategy: using design to achieve key business objectives**. New York: Allworth Press, 2008. p. 3-12.

LOMBARDI, L. *Digital Informing Creativity*. In: TEDESCHI, A. **AAD_Algorithms-Aided Design: parametric strategies using grasshopper**. Potenza: Le Penseur, 2014. p. 293-295.

LOPES, J. *et al.* (Eds.). **Tecnologias 3D: desvendando o passado, modelando o futuro**. Rio de Janeiro: Lexikon, 2013.

LORENZ, C. **The Design Dimension: product strategy and the challenge of global marketing**. New York: Basil Blackwell, 1986.

LORENZ, C. *Harnessing Design as a Strategic Resource*. **Long Range Planning**, v. 27, n.5, p. 73-84, 1994.

LOVE, T. *Philosophy of Design: a meta-theoretical structure for design theory*. **Design Studies**, v. 21, p. 293-313, 2000.

MAFFEI, S.; BIANCHINI, M. *Emerging Production Models: a design business perspective*. In: JUNGINGER, S.; FAUST, J. **Designing Business and Management**. London: Bloomsbury Academic, 2016. p. 129-146.

MAGALHÃES, C. F. D. A Prática Reflexiva no Design Estratégico: fundamentos do design para uma indústria criativa. In: COUTO, R. M. D. S., *et al.* **Formas do Design:** por uma metodologia interdisciplinar. 2. ed. Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro: Rio Books, 2014. p. 147-163.

MARTIN, R. **The Design of Business: why design thinking is the next competitive advantage.** Massachusetts: Harvard Business Press, 2009.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico.** São Paulo: Novatec, 2011.

MEREDITH, M. *Never Enough: transform, repeat and nausea.* In: SAKAMOTO, T. **From Control to Design.** Barcelona: Actar Publishers, 2008. p. 6-33.

MERONI, A. *Strategic Design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline.* **Strategic Design Research Journal**, v. 1, n.1, p. 31-38, 2008.

MILLARD, A. *Thomas Edison and the Theory and Practice of Innovation.* **Business and Economy History**, v. 20, p. 191-199, 1991.

MINTZBERG, H. *The Fall and Rise of Strategic Planning.* **Harvard Business Review**, v. 72, n.1, p. 107-114, 1994.

MINTZBERG, H. A Criação Artesanal da Estratégia. In: MONTGOMERY, C.; PORTER, M. E. **Estratégia: a busca da vantagem competitiva.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1998. Cap. 4 - Parte V, p. 419-437.

MINTZBERG, H. **Criando Organizações Eficazes:** estruturas em cinco configurações. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MINTZBERG, H. *et al.* **O Processo da Estratégia:** conceitos, contextos e casos selecionados. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo.** 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MOZOTA, B. B. *Structuring Strategic Design Management.* **Design Management Journal**, v. 9, n.2, p. 26-31, 1998.

MOZOTA, B. B. **Design Management: using design to build brand value and corporate innovation.** New York: Allworth Press, 2003.

MOZOTA, B. B. *Design Strategic Value Revisited: a dynamic theory for design as organizational function.* In: COOPER, R.; JUNGINGER, S.; LOCKWOOD, T. **The Handbook of Design Management.** Oxford: Berg, 2011. p. 276-293.

MOZOTA, B. B.; KIM, B. Y. *Managing Design as a Core Competency: lessons from Korea.* **Design Management Review**, v.20, 2009.

NOBEL MEDIA. Nobelprize.org. **The History of the Integrated Circuit**, 2003. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/educational/physics/integrated_circuit/history/>. Acesso em: 29 abr. 2016.

NOBLE, C. N. *On Elevating Strategic Design Research.* **Journal of Product Innovation Management**, v. 28, p. 389-393, 2011.

NORMANN, R.; RAMÍREZ, R. *From Value Chain to Value Constellation: designing interactive strategy*. **Harvard Business Review**, v.71, n. 4, 1993. p.65-77.

NUSSBAUM, B. **Creative Intelligence: harnessing the power to create, connect and inspire**. New York: Harper Collins Publishers, 2013.

OAKLEY, M. (Ed.). **Design Management: a handbook of issues and methods**. Oxford: Basil Blackwell, 1990.

OWEN, C. *Design Thinking: notes on its nature and use*. **Design Research Quarterly**, v. 2, n.1, p. 16-27, 2007.

OXMAN, N.; KEATING, S.; TSAI, E. **Functionally Graded Rapid Prototyping. Innovative Developments in Virtual and Physical Prototyping. Proceedings of The 5th International Conference on Advanced Research and Rapid Prototyping**. London: CRC Press, Taylor & Francis Group. 2012. p. 483-490.

PAYNE, A. O.; JOHNSON, J. K. *Firefly: interactive prototypes for architectural design*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, p. 144-147, 2013.

PDMA - PRODUCT DEVELOPMENT MANAGEMENT ASSOCIATION. **The PDMA Handbook of New Product Development**. 2nd. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.

PETERS, B. *Computation Works: the building of algorithmic thought*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, p. 8-15, 2013.

PIACENTINO, G. *Weaverbird: topological mesh editing for architects*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, p. 140-141, 2013.

PIKER, D. *Kangaroo: form finding with computational physics*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, p. 136-137, 2013.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.

PORTER, M. **Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance**. Free Press Export Edition. ed. New York: Free Press, 2004.

PRAHALAD, C. K.; HAMEL, G. *The Core Competence of the Corporation*. **Harvard Business Review**, may-june 1990. 1-15.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de Interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

PROCESSING FOUNDATION. **Processing**, 2016. Disponível em: <<https://processing.org/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

PUGNALE, A. (Digital) *Form Finding*. In: TEDESCHI, A. **AAD_Algorithms-Aided Design**. Potenza: Le Penseur, 2014. p. 353-359.

RAVASI, D.; LOJACONO, G. *Managing Design and Designers for Strategic Renewal*. **Long Range Planning**, v. 38, p. 51-77, 2005.

REAS, C.; FRY, B. **Processing: a programming handbook for visual designers and artists**. 2nd. ed. Massachusetts: MIT Press, 2014.

REAS, C.; MCWILLIAMS, C. **Form+Code in design, art and architecture**. New York: Princeton Architectural Press, 2010.

REGNÉR, P. *Strategy-as-Practice and Dynamic Capabilities: steps towards a dynamic view of strategy*. **Human Relations**, v. 61, n.4, p. 565-588, 2008.

REYMEN, I. M. M. J. *et al.* *A Domain-independent Descriptive Design Model and its Application to Structured Reflection on Design Processes*. **Research in Engineering Design**, p. 147-173, 2006.

ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. (Eds.). **Rational Analysis for a Problematic World Revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.

ROSENTHAL, S. R. **Effective Product Design and Development: how to cut lead time and increase customer satisfaction**. Illinois: Irwin Professional Publishing, 1992.

ROTH, S. *The State of Design Research*. **Design Issues**, v. 15, n.2, p. 18-26, 1999.

ROTHWELL, R. *Towards the Fifth-generation Innovation Process*. **International Marketing Review**, v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994.

RUTTEN, D. *Galapagos: on the logic and limitations of generic solvers*. **Architectural Design**, v. 83, issue 2, p. 132-135, 2013.

SAKAMOTO, T. (Ed.). **From Control to Design: parametric / algorithmic architecture**. Barcelona: Actar Publishers, 2008.

SANTOS, A.; KISTMANN, V. B.; ONO, M. M. Modelo de Referência para a Estrutura de Capítulos de Dissertações / Teses. In: WESTIN, D.; COELHO, L. A. L. **Estudo e Prática de Metodologia de Design nos Cursos de Pós-Graduação**. Rio de Janeiro: Novas Idéias, 2011. p. 122-155.

SASS, L.; OXMAN, R. *Materializing Design: the implications of rapid prototyping in digital design*. **Design Studies**, v. 27, n.3, p. 325-355, 2006.

SCARPITTI, C. *Self-productions: a speculative approach*. **Strategic Design Research Journal**, v. 9, n.1, p. 45-50, 2016.

SCHMACHER, P. *Parametric Patterns*. **Architectural Design**, v. 79, issue 6, p. 28-41, 2009.

SCHÖN, D. *Designing as a Reflective Conversation whit the Materials of a Design Situation*. **Research in Engineering Design**, v. 3, p. 131-147, 1992.

SCHÖN, D. A. **The Reflective Practitioner: how professionals think in action**. New York: Basic Books, 1983.

SCHÖN, D. A. *Designing: rules, types and worlds*. **Design Studies**, v.9, 1988. p.181-190.

SCHÖN, D. A. *Editorial*. **Design Studies**, v. 9, n.3, p. 130-132, 1988.

SCHÖN, D. A.; WIGGINS, G. *Kinds of Seeing and their Functions in Designing*. **Design Studies**, v. 13, n.2, p. 135-156, 1992.

SCHRAGE, M. *The Culture(s) of Prototyping*. **Design Management Journal**, v. 4, issue 1, p. 55-65, 1993.

SCHRAGE, M. **Serious Play**: how the world's best companies simulate to innovate. Massachusetts: Harvard Business School Press, 2000a.

SCHRAGE, M. *Serious Play: the future of prototyping and prototyping the future*. **Design Management Journal**, v. 11, issue 3, p. 50-57, 2000b.

SCHUMACHER, E. F. **Small is Beautiful**: economics as if people mattered. London: Blond & Briggs, 1973.

SCHUMACHER, P.; KRISH, S. **Teaching Generative Design Strategies for Industrial Design**. *CONNECTED 2010 - 2nd International Conference on Design Education*. Sydney: University of New South Wales. 2010. p. 1-5.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3. ed. Massachusetts: MIT Press, 1996.

SINGH, V.; GU, N. *Towards an Integrated Generative Design Framework*. **Design Studies**, v. 33, p. 185-207, 2012.

SPYROPOULOS, T. *Evolving Patterns: correlated systems of interaction*. **Architectural Design**, v. 79, issue 6, p. 82-87, 2009.

STAPPERS, P. J. *Doing Design as Part of Doing Research*. In: **BIRD Design Research Now: essays and selected projects**. Basel: Birkhäuser Verlag AG, 2007. p. 81-98.

STEADMAN, P. *Generative Design Methods and the Exploration of Worlds of Formal Possibility*. **Architectural Design**, v. 84, issue 5, p. 24-31, 2014.

STEFFEN, D. *New Experimentalism in Design Research*. **Artifact**, v. 3, issue 2, p. 1-16, 2014.

STEVENS, J.; MOULTRIE, J. *Aligning Strategy and Design Perspectives: a framework of design's strategic contributions*. **The Design Journal**, v. 14, n.4, p. 475-500, 2011.

STEVENS, J.; MOULTRIE, J.; CRILLY, N. **Designing and Design Thinking in Strategy Concepts: frameworks towards an intervention tool**. *International Design Management Institute Education Conference*. Cergy-Pointoise: Essec Business School. 2008.

TEDESCHI, A. **AAD_Algorithms-Aided Design: parametric strategies using grasshopper**. Potenza: Le Penseur, 2014.

TEECE, D.; PISANO, G.; SHUEN, A. *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. **Strategic Management Journal**, v.18, n.7, 1997. 509-533.

THACKARA, J. **In the Bubble: designing in a complex world**. Massachusetts: MIT Press, 2005.

THACKARA, J. *Into the Open*. In: VAN ABEL, B., et al. **Open Design Now: why design cannot remain exclusive**. Amsterdam: BIS Publishers, 2011.

THOMKE, S. **Experimentation Matters: unlocking the potential of new technologies for innovation**. Massachusetts: Harvard Business School Press, 2003.

THOMKE, S. **Managing Product and Service Development: text and cases**. New York: McGraw-Hill, 2007.

TOFFLER, A. **A Terceira Onda: a morte do industrialismo e o nascimento de uma nova civilização**. Rio de Janeiro: Record, 1980.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. New York: McGraw-Hill, 1995.

VANUCCI, M. *Open Systems: approaching novel parametric domains*. In: SAKAMOTO, T. **From Control to Design: parametric / algorithmic architecture**. Barcelona: Actar Publishers, 2008. p. 118-129.

VERGANTI, R. **Design-Driven Innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean**. Massachusetts: Harvard Business Press, 2009.

VERYZER, R. W. *Enhancing New Product Development Success Through Industrial Design Strategy*. In: PDMA **The PDMA Handbook of New Product Development**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. p. 378-388.

VOLPATO, N. (Ed.). **Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

VON HIPPEL, E. *User Toolkits for Innovation*. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 18, p. 247-257, 2001.

WARNIER, C.; VERBRUGGEN, D. *Back to the Future: how tradition inspires contemporary making*. In: KRIES, M.; KUGLER, J. **The Bauhaus: #itsalldesign**. [S.l.]: Vitra Design Museum, 2015. p. 419-428.

WHITTINGTON, R. *Strategy after Modernism: recovering practice*. **European Management Review**, v. 1, n.1, p. 62-68, 2004.

WHITTINGTON, R. *Completing the Practice Turn in Strategy Research*. **Organization Studies**, v. 27, n.5, p. 613-634, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZEC, P.; JACOB, B. (Eds.). **Design Value: a strategy for business success**. Essen: Red Dot, 2010.

ZURLO, F.; CAUTELA, C. *Design Strategies in Different Narrative Frames*. **Design Issues**, p. 30, n.1, 2014.

Anexo I – Parecer da Comissão de Ética em Pesquisa da PUC-Rio



Câmara de Ética em Pesquisa da PUC – Rio

PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA DA PUC-RIO (2016-12)

A Câmara de Ética em Pesquisa da PUC-Rio foi constituída como uma Câmara específica do Conselho de Ensino e Pesquisa conforme decisão deste órgão colegiado com atribuição de avaliar projetos de pesquisa do ponto de vista de suas implicações éticas.

Identificação:

Título: Experimentação em Design Pós-Industrial: elementos e estratégias (Departamento de Artes & Design da PUC-Rio)

Autor: Érico Franco Mineiro (Doutorando do Departamento de Artes & Design da PUC-Rio)

Orientador: Claudio Freitas Magalhães (Professor do Departamento de Artes & Design da PUC-Rio)

Apresentação: Pesquisa de natureza qualitativa exploratória de abordagem epistemológica construtivista que tem por objetivo a produção de um corpo teórico capaz de explicar práticas emergentes da experimentação em design pós-industrial, constituído por elementos teórico-conceituais e situacionais determinantes para as práticas de design, que possam ser articulados e inter-relacionados em decisões e formulações estratégicas em design. Prevê o uso do método de estudo de casos múltiplos com a aplicação de entrevistas em profundidade com um roteiro aberto, junto a pesquisadores ou profissionais adultos participantes de grupos que praticam a experimentação em design, via *on line*. A seleção dos casos para o estudo está apoiada em dois critérios: o primeiro deverá ser um descritor do contexto em que se dá a experimentação em design (exemplos: grupos de pesquisa internos a universidades, grupos associados a fabricantes de tecnologias experimentais, grupos independentes); o segundo abre duas classes que serão associadas às produções experimentais do grupo (grupos que produzem artefatos com tecnologias híbridas e grupos que produzem artefatos com tecnologias únicas).

Aspectos éticos: O projeto e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentados estão de acordo com os princípios e valores do Marco Referencial, Estatuto e Regimento da Universidade no que se refere às responsabilidades de seu corpo docente e discente. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido expõe com clareza o objetivo da pesquisa, os procedimentos a serem seguidos e a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados coletados e da identidade dos participantes. Informa sobre a possibilidade de interrupção na pesquisa sem aplicação de qualquer penalidade ou constrangimento. Deverá ser anexada à Tese a autorização da instituição onde foi realizada a pesquisa.

Parecer: Considerando os elementos expostos acima somos de parecer Favorável à aprovação do projeto quanto aos princípios e critérios estabelecidos pela Comissão de Ética em Pesquisa da PUC-Rio.


Prof. José Ricardo Bergmann
Presidente do Conselho de Ensino e Pesquisa da PUC-Rio

Rio de Janeiro, 01 de junho de 2016.

Vice-Reitoria para Assuntos Acadêmicos
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea - 22453-900.
Rio de Janeiro - RJ - Tel. (021) 3527 1619 FAX (021) 3527 1132.
E-mail: vrac@puc-rio.br

Apêndice I – Roteiro para Entrevistas e Questionário

1. Antes de começarmos, confirme seu nome...
2. ... e o nome do grupo criativo (estúdio, coletivo, etc.) do qual você faz parte.
3. Como você descreveria o processo de design praticado por você ou pelo grupo do qual você faz parte?
4. Como você descreveria a proporção de tempo de um projeto distribuída entre 'pesquisa e pensamento analítico' e 'design e experimentação' neste processo?
5. Qual a importância da experimentação na parte prática deste processo?
[no questionário é questão fechada, opções de resposta: essencial, muito relevante, parcial, pequena, muito pequena.]
6. Experimentos conduzidos em um projeto são de alguma forma reaproveitados em projetos subsequentes? Se sim, como?
7. Em que extensão características do artefato são definidas (ou indefinidas) cedo no processo de design?
8. Como você descreveria uma visão de design (ou intenção de design) no início do processo?
9. Usualmente a definição de conceito em um projeto acontece...
[no questionário é questão fechada, opções de resposta: antes do início do projeto, antes e durante o projeto, principalmente durante o projeto, completamente durante o projeto.]
10. Durante um projeto, além do conceito que está sendo trabalhado, outros conceitos podem ser criados ou de algum modo desenvolvidos durante com o andamento do projeto?
[no questionário é questão fechada, opções de resposta: nunca aconteceu, pode acontecer mas não é usual, algumas vezes acontece, acontece sempre.]
11. Que tipos de descobertas podem acontecer durante a experimentação? Com que frequência acontecem?
12. Normalmente você registra experimentos conduzidos? Se sim, como?
13. Como você percebe a aprendizagem durante a experimentação? Há experimentos conduzidos com a intenção inicial de aprender? A aprendizagem acontece espontaneamente? Ambos?
14. Como se dá a escolha entre as possíveis tecnologias-chave (base) que apoiam um projeto?
15. Como o uso de tecnologias complementares é percebido (e.g. serviços externos de fabricação digital, impressão, produção de PCB)?

16. Comunidades de prática têm emergido em torno de novas tecnologias de experimentação. Como você vê estas comunidades? Elas são úteis ao seu trabalho de algum modo?
17. Considerando que cada indivíduo no seu grupo (estúdio, coletivo criativo...) tem características e habilidades únicas, como você vê as oportunidades de aprendizagem pela colaboração e interação entre os participantes em um projeto?
19. Você gostaria de ser informado sobre publicações futuras produzidas a partir desta pesquisa?