

# DESIGN PARAMÉTRICO E GENERATIVO: MODOS DE EXPLORAR A COMPLEXIDADE

ARTIGO

Parametric and Generative Design: ways of exploring complexity

Érico Franco Mineiro<sup>1</sup>, Claudio Freitas de Magalhães<sup>2</sup>

**RESUMO:** A despeito de seu potencial de aplicação conhecimentos sobre práticas de design paramétrico e generativo se encontram dispersos e se confundem entre conhecimentos de natureza técnica, metodológica e teórico-conceitual. Este artigo tem como objetivo caracterizar práticas de design paramétrico e generativo, bem como evidenciar aspectos determinantes para estas práticas, para então discutir implicações de sua adoção em processos de design. A fim de alcançar este objetivo foi conduzida uma revisão sistemática da literatura sobre práticas e abordagens de design paramétrico e generativo. Nesta revisão foram consideradas as trajetórias tecnológicas, modos operativos, limitações e avanços recentes destas práticas. A partir desta revisão é proposta uma tipologia conceitual das práticas de design auxiliadas por computador e mediadas por algoritmos. O fenômeno de formação de comunidades de prática online é apontado como um espaço possível para fazer frente à aprendizagem técnica necessária à adoção destas práticas. Limitações e avanços recentes relacionados a estas práticas são sintetizados. Por fim, implicações da adoção destas práticas em processos de design são discutidas em termos de suas dinâmicas e potencialidades. Nesse sentido práticas de design paramétrico e generativo são reveladas como modos de explorar a complexidade situada nas relações constitutivas de artefatos, entre artefatos, entre artefatos e usuários, e, entre artefatos e ambiente. Muito além da representação de algo pré-concebido, do auxílio computadorizado baseado em modelos (ainda que dinâmico e contínuo), dos arranjos de funções padrão e das simulações com dinâmicas pré-definidas, práticas de design paramétrico e generativo encontram seu objeto ideal na criação um meio digital rico para a exploração da complexidade, um meio que permita a experimentação com variações de parâmetros e de dinâmicas particulares situadas em projetos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Design Paramétrico, Design Generativo, Complexidade.

**ABSTRACT:** Despite their potential for applications knowledge on parametric and generative design practices are dispersed and confuse between knowledge of technical, methodological and theoretical-conceptual nature. This article aims to characterize practices of parametric and generative design, as well as highlight determining aspects for these practices, then discuss implications of its adoption in design processes. To achieve this objective a systematic review of the literature on practices and approaches of parametric and generative design has been conducted. In this review were considered the technological pathways, operating modes, limitations and recent advances of these practices. From this review is proposed a conceptual typology of design practices aided by computer and mediated by algorithms. The online communities of practice phenomenon is appointed as a possible space to face technical learning required to adopt these practices. Limitations and recent advances related to these practices are synthesized. Finally, implications of the adoption of these practices in design processes are discussed in terms of its dynamics and potentialities. In that sense parametric and generative design practices are revealed as ways to explore the complexity located in artifacts, between artifacts, between artifacts and users, and between artifacts and environment. Beyond the representation of something pre-conceived, the computerized aid based on models (even when dynamic and continuous), the standard functions arrangements and the simulations with pre-defined dynamics, parametric and generative design practices meet their ideal object at the creation of a rich digital medium for the exploration of complexity, a medium that permits experimentation with variations of parameters and of particular dynamics situated in projects.

**KEYWORDS:** Parametric Design, Generative Design, Complexity.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro – PUC-Rio

## How to cite this article:

MINEIRO, É. F., MAGALHÃES, C. F. Design paramétrico e generativo: modos de explorar a complexidade. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v14, n. 2, p.6-16, 2019. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v14i2.151419>

**Fonte de financiamento:** CAPES / UFMG-PRPq

**Conflito de interesse:** Declara não haver

**Submetido em:** 29/10/2018

**Aceito em:** 06/09/2019



## INTRODUÇÃO

A difusão de sistemas CAD (*Computer Aided Design* ou design auxiliado por computador) propiciou incrementos de eficiência em processos de desenvolvimento de produtos, redução de erros relacionados à fabricação e ampliou as possibilidades de desenvolvimento colaborativo (ROTHWELL, 1994).

Estes sistemas têm seu potencial realizado quando utilizados ao longo do desenvolvimento de projetos, não apenas como recurso para representar pré-concepções com eficiência. Entretanto não é raro que sistemas CAD sejam inseridos em etapas adiantadas do processo de desenvolvimento, quando grande parte das decisões de projeto já foram tomadas.

Embora a adoção de tecnologias CAD em práticas de projeto traga vantagens conhecidas relacionadas à eficiência e precisão, recentemente novos modos de usar os computadores têm aberto territórios, em especial para a exploração de possibilidades de projeto (REAS e MCWILLIAMS, 2010). Para além dos sistemas CAD convencionais estes novos modos de uso têm sido chamados de computação criativa, design paramétrico e design generativo.

Os sistemas CAD convencionais são reconhecidos como um dos principais gargalos do design para fabricação digital, em especial para tecnologias de impressão 3D que permitem liberdade formal sem precedentes (GIBSON, ROSEN e STUCKER, 2010; LIPSON e KURMAN, 2013).

Neste contexto práticas de design paramétrico e generativo despontam como alternativas para fazer frente a este cenário de liberdade formal de produção, uma vez que são capazes de apoiar o desenvolvimento flexível de geometrias complexas e formas avançadas.

A despeito de seu potencial de aplicação, conhecimentos sobre estas práticas são dispersos e se confundem entre conhecimentos de natureza técnica, metodológica e teórico-conceitual.

Como as práticas de design paramétrico e generativo podem ser caracterizadas, quais são os requisitos para que possam ser adotadas e quais são as implicações da adoção destas práticas são questões carentes de esclarecimentos e discussão.

Assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar práticas de design paramétrico e generativo, bem como evidenciar aspectos determinantes sobre estas práticas, para então discutir implicações de sua adoção em projetos.

A fim de alcançar este objetivo foi conduzida uma revisão sistemática da literatura sobre práticas e abordagens de design paramétrico e generativo.

A condução da revisão foi baseada em publicações técnico-científicas. Foi feita uma seleção inicial de publicações baseada em três frentes: (a) buscas por palavras-chave relacionadas à temática da pesquisa no portal de periódicos da CAPES; (b) buscas pelas mesmas palavras-chave internamente em periódicos internacionais de qualidade reconhecida da área do design e do design computacional; (c) uma seleção de livros de autores cujas obras tiveram influência notável sobre as demais publicações e, portanto, sobre o campo temático.

Em uma segunda seleção de publicações foram mantidas as publicações com contribuições claras para a caracterização das práticas de design paramétrico e generativo. Uma leitura cuidadosa destas publicações permitiu a seleção de informações úteis no sentido de responder à pergunta de pesquisa.

As informações coletadas foram então organizadas, sintetizadas e inseridas em uma estrutura elaborada para conciliar a heterogeneidade das informações encontradas e para atender ao objetivo da pesquisa.

Esta estrutura compreende as principais categorias de informações encontradas organizadas em três temas: (1) as trajetórias tecnológicas relacionadas a estas práticas, (2) modos operativos, e (3) limitações e avanços recentes.

Neste artigo inicialmente são introduzidas as trajetórias tecnológicas associadas às práticas de design paramétrico e generativo.

Em seguida é apresentada uma revisão sobre modos operativos de design paramétrico e generativo. A partir desta revisão é proposta uma tipologia conceitual das práticas de design auxiliadas por computador e mediadas por algoritmos.

A aprendizagem técnica e científica necessária à adoção destas práticas é identificada como um desafio para o qual desponta, como possível resposta, o fenômeno da formação de comunidades de prática *online*.

Por fim são discutidas implicações da adoção destas práticas em processos de design, em termos de suas dinâmicas e potencialidades. Nesse sentido práticas de design paramétrico e generativo são reveladas como modos de explorar a complexidade situada nas relações constitutivas de artefatos, entre artefatos, entre artefatos e usuários, entre artefatos e ambiente.

Este artigo é derivado da tese de doutorado Experimentação em Design como Estratégia no Cenário da Autoprodução, desenvolvida e defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Design da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

## **TRAJETÓRIAS TECNOLÓGICAS E INTERRELAÇÕES COM PRÁTICAS DE DESIGN**

Em 1963 Ivan Sutherland apresentou como parte de seu PhD no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) um programa de edição gráfica chamado *Sketchpad*, considerado a tecnologia precursora dos sistemas CAD.

O *Sketchpad* teria introduzido características e funções, como uma interface gráfica e constritores de desenho, que ainda podem ser encontradas nos sistemas CAD atuais (STEADMAN, 2014). Além de ferramentas básicas de desenho, o programa permitia definições de comportamentos relacionais, como paralelismo e outras associações entre formas.

Mais do que um meio análogo ao desenho em papel, o uso do *Sketchpad* implicava naquilo que Reas e McWilliams chamaram de “uma maneira fundamentalmente nova de se fazer design” (2010, p. 29). Contudo, a despeito desta observação, os programas CAD que se sucederam apresentaram limitações que fizeram com que estes programas fossem considerados meios inadequados para o estágio conceitual do design (*Ibid.*).

Como decorrência das limitações dos programas comerciais percebe-se que muitas vezes o uso de sistemas CAD se dá sobre preconcepções de projeto, se limitando a transferir para meios digitais procedimentos analógicos convencionais (PETERS, 2013). Nestes casos o potencial computacional de apoio a projetos é subutilizado.

Proposições recentes sugerem um deslocamento do uso de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) em direção a práticas de AAD (*Algorithm Aided Design*).

AAAD consiste em uma abordagem de projeto assistido por algoritmos que permitiria a superação das limitações dos programas comerciais uma vez que nesta abordagem os algoritmos que apoiam projetos são, eles mesmos, objetos de projeto (TEDESCHI, 2014).

As práticas mais simples de projeto assistido por algoritmos consistem na programação de rotinas customizadas, nos próprios ambientes de programas comerciais. Em um nível mais avançado, a programação produz um meio particular para explorações de design, que vai além das capacidades dos programas comerciais (DAVIS e PETERS, 2013).

Aprender a programar e se engajar com o computador mais diretamente com códigos não apenas abre 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).

As formas mais difundidas destas práticas mais avançadas de projeto assistido por algoritmos são conhecidas como design paramétrico e design generativo.

Em comparação com o uso de sistemas CAD, estas práticas seriam mais adequadas às etapas de definição conceitual nas quais o projeto ainda está relativamente indefinido (KRISH, 2011).

Na última década, ambientes e linguagens de programação foram desenvolvidos com o propósito de facilitar a criação de algoritmos por designers e artistas, favorecendo um movimento das práticas convencionais de projeto em direção ao que se chamou de programação criativa (p.e. *Processing* e *Grasshopper*).

Os algoritmos criados junto a estes sistemas propiciam a criação de modelos bidimensionais e tridimensionais; estáticos, dinâmicos ou interativos; que podem ser exibidos em projeções ou materializados por tecnologias de impressão gráfica e de fabricação digital.

Há diferenças notáveis entre práticas de design auxiliado por computador (CAD) e design auxiliado por algoritmos (AAD). Enquanto as práticas de projeto em sistemas CAD são normalmente voltadas para o projeto de objetos, edificações e outras configurações formais estáticas, as práticas de design auxiliado por algoritmos (AAD) inserem o algoritmo como objeto de projeto, cuja criação é a criação de um processo.

Como Tedeschi observou;

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).

As práticas de design auxiliado por algoritmos favorecem a exploração rápida de variações formais, uma vez elaborado o algoritmo e a partir de modificações de parâmetros e valores de variáveis.

Em relação às práticas CAD, as práticas AAD representam 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 capazes de gerar uma variedade de modelos (KNIPPERS, 2013).

## **MODOS OPERATIVOS E UMA TIPOLOGIA DAS PRÁTICAS DE DESIGN AUXILIADO POR COMPUTADORES E MEDIADAS POR ALGORITMOS**

Uma inserção adequada de sistemas paramétrico e generativos em processos de design requer uma compreensão clara das diferentes abordagens de design mediado por computadores e algoritmos. Esta seção apresenta uma revisão sobre modos operativos destas práticas.

Lipson e Kurman (2013, p. 252-58) organizaram uma escala de sofisticação para diferentes modos de operar com formas tridimensionais em computadores.

O modo operativo mais simples se dá pela definição da forma por noções fixas e produz uma geometria estática.

Em um segundo nível, programas de modelagem permitem aos usuários criar formas ajustáveis pela variação de parâmetros.

Em um terceiro nível estão os sistemas generativos, que se valem de metáforas e dinâmicas evolucionárias. Estes sistemas ‘crescem’ um corpo a partir de uma forma semente e de acordo com um conjunto de regras que especificam como a forma deve se desenvolver.

Embora esta escala seja útil a uma compreensão inicial do tema, outros esclarecimentos são necessários à compreensão destas práticas.

As abordagens convencionais CAD se valem de grupos genéricos de funções e elementos formais configuráveis. Entre os programas CAD há aqueles que permitem somente a configuração inicial das formas, aquilo que Lipson e Kurman chamaram de ‘notações fixas’ (programas não-paramétricos) e outros que permitem alterações dos parâmetros que estão em jogo mesmo depois de sua primeira definição (programas paramétricos). Neste grupo há ainda programas que permitem a programação de pequenos códigos em seu próprio ambiente interno.

Contudo a noção de design paramétrico ultrapassa estas práticas alcançando a parametrização customizada, ou seja, a produção de um encadeamento complexo de parâmetros e, mais além, a criação de parâmetros particulares para um projeto específico.

Neste nível a parametrização conecta o propósito de projeto ao sistema de apoio computacional; os parâmetros servem para codificar e operacionalizar quantitativamente opções e limites do sistema (REAS e MCWILLIAMS, 2010).

Os processos de design paramétrico são baseados em relacionamentos entre objetos e parâmetros, de tal maneira que modificações em um elemento se propagam pelo algoritmo (SAKAMOTO, 2008).

Assim, cada parâmetro recebe valores variáveis que influenciam e são, junto ao seu encadeamento operacional, determinantes sobre as saídas do processo.

Em outro tipo de abordagem, os sistemas generativos operam baseados em metáforas genéticas e evolucionárias.

A motivação para adotar este tipo de abordagem estaria na superioridade do mundo natural sobre o artificial, como argumenta Frazer:

[...] 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).

De modo genérico a operacionalização do design generativo se dá a partir de mecanismos e metáforas como ‘reprodução’, ‘herança’, ‘variação’ e ‘seleção’ (Bentley e Corne, 2002).

Em algumas destas abordagens após uma primeira geração de alternativas (ou ‘população’) características de ‘indivíduos’ selecionados são cruzadas para a formação de uma nova geração. Assim uma ‘herança genética’ seria transmitida para próximas gerações. Como a seleção de indivíduos a cada geração se dá por critérios definidos e ajustáveis por usuários do sistema, espera-se pela emergência de resultados desejáveis. Em outras abordagens formas respondem ao ambiente em que estão inseridas.

Para Simon (1996) estes modelos de processos evolucionários codificados em sistemas artificiais são uma alternativa para lidar com a complexidade.

Os algoritmos evolucionários operam em dois modos essencialmente distintos: a otimização tem como objetivo encontrar uma solução ótima, enquanto a exploração tem seu sentido na busca por proposições heterogêneas diversificadas.

A exploração se mostra adequada à geração de alternativas qualitativamente surpreendentes ou melhores do que as existentes (BENTLEY e CORNE, 2002).

Embora se espere por produções surpreendentes, as gerações evolucionárias não são aleatórias, seguem regras e associações em uma lógica definida.

Ainda que os resultados produzidos possam ser relativamente imprevisíveis, o algoritmo deve ser criado por alguém (ATKINSON, *et al.*, 2008).

Como Frazer (1995) argumenta, não conhecer as saídas de um processo de design não impede que haja uma intenção de projeto clara.

Para Dawkins (2001) nos sistemas generativos os espaços de possibilidades são tão amplos que a necessária intervenção humana na criação de mecanismos de seleção faz com que o processo de descoberta seja, ao mesmo tempo, um processo de invenção.

De maneira similar ao design paramétrico, o design generativo é baseado na criação de lógicas internas mais do que de formas externas (FRAZER, 1995) e a codificação delinea um espaço de possibilidades para o sistema (FRAZER, 2002).

Em ambos os casos se faz necessário que uma abordagem conceitual de projeto seja capturada e codificada (FRAZER, 2002; VANUCCI, 2008).

Os processos de design paramétrico e generativo podem ser compreendidos como a criação de dinâmicas de transformação de formas baseadas em operações matemáticas.

Embora nos últimos anos tenham sido desenvolvidos ambientes de programação dedicados às práticas de design paramétrico e generativo (como *Processing*, *Grasshopper* e *Generative Components*), lógicas e modelos matemáticos utilizados nestas práticas não são necessariamente novos (como diagramas Voronoi e sistemas reação-difusão).

Estas lógicas e modelos matemáticos definem os modos operativos das práticas de design generativo mais conhecidas, entre elas estão as aplicações de gramáticas de formas, sistemas L, autômatos celulares e inteligência em enxames, brevemente introduzidas a seguir.

As gramáticas de formas articulam elementos por regras compositivas (STEADMAN, 2014), estas gramáticas também podem ser parametrizadas (AL-KAZZAZ e BRIDGES, 2012). Sistemas L aplicam um conjunto de regras de modo recursivo, produzindo formas de maneira análoga ao crescimento natural. Autômatos celulares consistem em um grupo de células cuja forma evolui com o tempo em função de regras que consideram o estado de células vizinhas, enquanto modelos de inteligência em enxames geram padrões e comportamentos coletivos (SINGH e GU, 2012).

Enquanto gramáticas de formas e sistemas L operam com dinâmicas internas, autômatos celulares e inteligência em enxames são abordagens matemáticas que favorecem aplicações sensíveis a variações externas e contextos.

A revisão de práticas e modos operativos com sistemas CAD e AAD permitiu a elaboração do seguinte quadro-síntese (Quadro 1) que apresenta uma proposta de tipologia para práticas de design auxiliado por computadores e mediado por algoritmos.

**Quadro 1:** Tipologia de abordagens de design mediado por computador

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Grupo	Categoria
CAD ( <i>Computer Aided Design</i> )	Modelagem por notações fixas
	Sistemas paramétricos internos fechados com parâmetros funcionais padronizados e pré-definidos
Híbridos CAD e AAD	Sistemas CAD abertos para programação interna de funções padrão pré-definidas (CAD com lógica AAD)
	Sistemas AAD com encadeamento simples de funções padrão pré-definidas (AAD com lógica CAD)
AAD ( <i>Algorithm Aided Design</i> )	Design paramétrico com encadeamento complexo de parâmetros funcionais
	Design paramétrico com parâmetros particulares criados para um projeto específico
	Design generativo ou evolucionário

A maior parte dos sistemas comerciais de apoio a projetos são sistemas CAD. A adoção de sistemas AAD requer aprendizagem técnica, noções de programação e conhecimentos matemáticos muito além daqueles necessários para operar sistemas CAD. Apesar disso a oferta de materiais didáticos e de formas convencionais de ensino (como cursos e oficinas) para sistemas CAD é incomparavelmente maior do que para sistemas AAD.

A aprendizagem necessária à adoção de sistemas AAD em práticas de projeto não se dá necessariamente de forma convencional ou do mesmo modo como se aprende a operar sistemas CAD. A seção seguinte explora este tema.

## **APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA E COMUNIDADES DE PRÁTICA**

O advento de novas tecnologias de suporte ao design paramétrico e generativo faz com que sejam levantadas questões relacionadas ao desenvolvimento de competências necessárias à adoção destas práticas em processos de design.

A aprendizagem técnica necessária à prática do design paramétrico e generativo inclui o domínio de alguma linguagem de programação.

Na última década foram desenvolvidos ambientes de programação e mesmo linguagens com o objetivo de facilitar a aprendizagem técnica por designers e artistas. O objetivo destes desenvolvimentos é incentivar um tipo de ‘alfabetização em programação’ sem que seja necessária formação técnica anterior (REAS e FRY, 2014).

Mesmo com estas facilidades se espera que estudantes de artes e design encontrem dificuldades (REAS e MCWILLIAMS, 2010). Parte destas dificuldades tem caráter técnico, outra parte se relaciona com o domínio matemático requerido. A especificidade do design baseado em código requer competências matemáticas e lógicas (LOMBARDI, 2014).

Ocorre que programas CAD automatizam e ocultam suas lógicas operacionais e explicitam apenas resultados de suas ações; em outro extremo, criar ou mesmo ajustar algoritmos generativos requer sólidos conhecimentos de matemática para que se possa efetivamente manipular a lógica de geração de modelos (SCHUMACHER e KRISH, 2010).

No entanto as competências necessárias à 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).

Caberia ao designer enquanto programador o papel de codificar relações de projeto em um sistema técnico capaz de produzir variações em um espaço amplo, ainda que definido, de possibilidades de projeto.

Enquanto em processos tradicionais de design informações, análises e decisões são vistos como instantâneos fixos no tempo, abordagens algorítmicas em práticas de design são capazes de criar redes responsivas de alto nível (FRIESEN e VIANELLO, 2014).

Para além das competências técnicas e conhecimentos matemáticos a competência criativa e responsável de projeto não é menos importante neste contexto tecnológico. Para Lombardi (2014), entendimento e competência de configuração de relações são aspectos que distinguirão o designer do técnico virtuoso.

Não se deve esperar que o desenvolvimento destas competências necessárias às práticas de design paramétrico e generativo se dê isolado da prática e da experiência, circunstâncias em que estas competências se entrelaçam.

Nesse sentido a internet tem se revelado um ambiente propício para colaborações e para aprendizagem baseada em experiências.

Comunidades de prática *online* têm se formado em torno das tecnologias

de apoio ao design paramétrico e generativo. Nestas comunidades são compartilhados experimentos, desenvolvimentos parciais e conhecimentos técnicos. Há aplicações em projetos visuais, gráficos, animados e interativos, em modelos de artefatos e construções tridimensionais e em projetos integrados.

Nestas comunidades são compartilhados resultados alcançados assim como dificuldades encontradas no desenvolvimento de projetos. A opção pelo desenvolvimento aberto faz com que especialistas e amadores interajam e contribuam uns com os outros para a transposição de obstáculos, muitas vezes técnicos.

Códigos publicados nestas comunidades são compartilhados, ajustados e reutilizados como módulos para novas aplicações.

Além disso conjuntos de códigos modulares na forma de bibliotecas de funções pré-codificadas e programas adicionais não somente são amplamente compartilhados como são abertos para desenvolvimento colaborativo pelos próprios membros destas comunidades de prática.

Estes desenvolvimentos incluem adições de *software* que permitem conectar ambientes físicos e virtuais (PAYNE e JOHNSON, 2013), simulações baseadas nas leis da física 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.

Deste modo nestas comunidades de prática o conhecimento é difundido e a aprendizagem é facilitada, mas também desenvolvimentos técnicos fazem com que as próprias tecnologias experimentais avancem.

## LIMITAÇÕES E AVANÇOS RECENTES E ESPERADOS EM DESIGN PARAMÉTRICO E GENERATIVO

Embora se reconheça nas práticas de design paramétrico a criação de espaços de possibilidades de alternativas, inclusive de geometrias complexas, é recorrente uma forte percepção de similaridade e repetição nas saídas de projeto (KWINTER in SAKAMOTO, 2008).

Se esta recorrência percebida se deve de fato a algum tipo de linguagem visual inerente às práticas de design paramétrico ou se é decorrência de um estado inicial de explorações nestes sistemas digitais, ainda é uma incógnita a ser esclarecida.

Para 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). Além disso, relacionamentos que importam à prática do design nem sempre são facilmente quantificáveis e, portanto, parametrizáveis (*Ibid.*).

Em relação ao design generativo, algoritmos evolucionários nem sempre apresentam uma produção satisfatória. Buscas por alternativas podem cair em um espaço que só contenha alternativas desinteressantes (convergência prematura) ou, em outros casos, gerar alternativas sem variações expressivas (andar em círculos) (BENTLEY e CORNE, 2002).

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).

Sobre os avanços recentes e esperados nas práticas de design paramétrico e generativo, alguns pontos merecem destaque.

Em relação ao design paramétrico verifica-se um potencial de produção de redes hiperinclusivas de parâmetros e relacionamentos capazes de gerar artefatos multivalentes a partir de “um complexo de relacionamentos

complexos” em que se considere dimensões culturais, mercadológicas e de uso (MEREDITH, 2008).

De maneira similar um avanço em direção ao aproveitamento de correlações entre subsistemas é esperado para o design paramétrico, uma vez que as tecnologias de suporte têm uma capacidade notável de correlacionar dados (SCHUMACHER, 2009).

As classes na escala de Lipson e Kurman (2013) avançam para incluir artefatos reativos, capazes de responder às condições contextuais. A produção de artefatos com esta capacidade ainda é esparsa, muitas vezes estritamente virtual e concentrada na pesquisa acadêmica.

Sistemas e artefatos híbridos que associem elementos naturais e componentes artificiais têm aberto um novo campo na pesquisa e no desenvolvimento experimental.

Com um certo caráter biomimético, investigações de dinâmicas generativas encontradas na natureza embasam a criação de algoritmos digitais para produção de formas (BENJAMIN, NAGY e OLGUIN, 2014).

Projetos experimentais recentes como o *Silk Pavillion* do grupo de pesquisa *Mediated Matter* vinculado ao *MIT Media Lab*, por exemplo, exploram a relação entre fabricação digital e a produção biológica natural.

Fusões entre sistemas sintéticos e naturais são indicativas da possibilidade de máquinas generativas e de novas formas de organização espacial e de produção (SPYROPOULOS, 2009).

Como Frazer (2002, p. 271) pondera, talvez não seja necessário fazer a distinção entre evolução natural e artificial. Talvez o processo evolutivo seja apenas um.

## DISCUSSÃO

Neste artigo foram apresentadas trajetórias tecnológicas relacionadas aos sistemas paramétrico e generativos, inter-relacionadas com práticas de design. Em seguida foram revisados modos operativos destes sistemas e, a partir desta revisão, foi proposta uma tipologia para práticas de design mediadas por computador e algoritmos.

No entorno destas práticas e tecnologias, usuários dão forma a comunidades de prática online que se revelam não somente repositórios de conhecimentos e espaços para trocas e desenvolvimento colaborativo, como também espaços nos quais desenvolvimentos técnicos são compartilhados e nos quais as próprias tecnologias se desenvolvem, ampliando espaços de possibilidades para o design.

Assim, considera-se que o objetivo de caracterizar práticas de design paramétrico e generativo bem como o de evidenciar aspectos determinantes para estas práticas foi alcançado. Deste ponto em diante cabe dar início à discussão sobre implicações da adoção destas práticas em processos de design.

Como se observou na introdução deste artigo, conhecimentos sobre design paramétrico e generativo são dispersos e muitas vezes se confundem conhecimentos de natureza técnica, metodológica e teórico-conceitual.

Ocorre que também nas práticas de projeto estes aspectos se entrelaçam. O conhecimento técnico é requisito para a prática. As tecnologias determinam o que podemos chamar de potencial operacional, ou seja, a variedade disponível de funções, seu alcance e a interoperabilidade possível entre estas funções.

Os modos operativos das práticas de design paramétrico e generativo mapeados neste artigo são dinâmicas técnicas e lógicas matemáticas que devem ser consideradas em relação aos processos de design em que se pretende inseri-las. Em especial no que diz respeito às particularidades e possibilidades metodológicas de projetos.

Enquanto algumas abordagens se mostram mais adequadas para simulações particularmente sensíveis a contextos (como autômatos celulares e modelos de inteligência em enxames), outras são mais adequadas para a elaboração de formas complexas (como design paramétrico com encadeamentos complexos de funções).

O Quadro 2 organiza fontes de complexidade para as práticas de design paramétrico e generativo.

**Quadro 2:** Fontes de complexidade para práticas de design paramétrico e generativo

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Grupo	Fontes de complexidade
AAD ( <i>Algorithm Aided Design</i> )	Relações entre elementos constituintes da forma
	Interoperabilidade técnica intra-artefato e interartefatos
	Relações entre artefato e usuários
	Relações entre artefato e ambiente

Ainda em relação ao design paramétrico, compreende-se que há uma necessidade de se estabelecer interrelações entre conhecimentos técnicos, matemáticos e outros, teórico-conceituais, inerentes às práticas do design.

Assim, a complexidade decorrente destas relações (Quadro 2) se reflete nos processos de design que devem ser capazes de identificar e traduzir necessidades e interesses de atores e relacionamentos em requisitos e proposições de projeto.

Neste sentido há expectativas voltadas para práticas de design paramétrico baseadas no delineamento de redes de parâmetros e relacionamentos complexos capazes de considerar uma multiplicidade de aspectos relacionados aos artefatos, inclusive mercadológicos, culturais e de usabilidade. Práticas como estas poderiam incluir ainda aspectos tecnológicos embarcados e fabris, outros que impactam logística e distribuição e ainda, alcançar a criação de sistemas de customização em massa que considerem necessidades ou preferências individuais assegurando, ao mesmo tempo, a viabilidade produtiva e econômica.

Ao serem pensadas em contraposição aos processos convencionais de design as práticas de design paramétrico e generativo se revelam modos particulares de explorar a complexidade.

Alguns destes modos vêm sendo praticados com certa frequência e portanto são relativamente bem conhecidos – como ocorre com o design paramétrico para explorar a complexidade em relações entre elementos constituintes da forma – outros ainda podem ser considerados avanços esperados, não somente tecnológicos, teóricos ou metodológicos, mas avanços que consigam articular conhecimentos de diferentes naturezas, capazes de viabilizar dinâmicas consistentes de projeto.

Nestas articulações muito além da representação de algo pré-concebido, do auxílio computadorizado baseado em modelos (ainda que dinâmico e contínuo), dos arranjos de funções padrão e das simulações com dinâmicas pré-definidas, práticas de design paramétrico e generativo encontram seu objeto ideal na criação um meio digital rico para a exploração da complexidade, um meio que permita a experimentação com variações de parâmetros e de dinâmicas particulares, específicas e contextualizadas em cada projeto.

## REFERÊNCIAS

AL-KAZZAZ, D. A.; BRIDGES, A. H. A framework for adaptation in shape grammars. *Design Studies*, v. 33, p. 342-356, 2012.

ATKINSON, P. et al. **Post-industrial Man-**

**ufacturing Systems:** the undisciplined nature of generative design. Undisciplined! Design Research Society Conference 2008. Sheffield: Sheffield Hallam University. 2008. p. 194/1-194/18.

- 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.
- 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 Relojoeiro Cego**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- 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.
- GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: rapid prototyping to direct digital manufacturing**. New York: Springer, 2010.
- KNIPPERS, J. From Model Thinking to Process Design. **Architectural Design**, v. 83, Issue 2, p. 74-81, 2013.
- KRISH, S. A Practical Generative Design Method. **Computer-Aided Design**, v. 43, p. 88-100, 2011.
- LIPSON, H.; KURMAN, M. **Fabricated: the new world of 3d printing**. Indianapolis: Wiley, 2013.
- LOMBARDI, L. Digital Informing Creativity. In: TEDESCHI, A. **AAD\_Algorithms-Aided Design: parametric strategies using grasshopper**. Potenza: Le Penseur, 2014. p. 293-295.
- MEREDITH, M. Never Enough: transform, repeat and nausea. In: SAKAMOTO, T. **From Control to Design**. Barcelona: Actar Publishers, 2008. p. 6-33.
- PAYNE, A. O.; JOHNSON, J. K. Firefly: interactive prototypes for architectural design. **Architectural Design**, v. 83, Issue 2, p. 144-147, 2013.
- 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.
- PUGNALE, A. (Digital) Form Finding. In: TEDESCHI, A. **AAD\_Algorithms-Aided Design**. Potenza: Le Penseur, 2014. p. 353-359.
- 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.
- 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.
- SCHUMACHER, P. Parametric Patterns. **Architectural Design**, v. 79, Issue 6, p. 28-41, 2009.
- 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.
- STEADMAN, P. Generative Design Methods and the Exploration of Worlds of Formal Possibility. **Architectural Design**, v. 84, Issue 5, p. 24-31, 2014.
- TEDESCHI, A. **AAD\_Algorithms-Aided Design: parametric strategies using grasshopper**. Potenza: Le Penseur, 2014.
- 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.

Érico Franco Mineiro

erico.acad@gmail.com

Claudio Freitas de Magalhães

claudio-design@puc-rio.br