

# Métodos cibernéticos e emergência aplicados ao processo de projeto complexo.

Gabriele do Rosário Landim

*Nomads.usp, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo*

[gabriele.landim@usp.br](mailto:gabriele.landim@usp.br)

01 de junho de 2016

Este artigo parte da pesquisa de mestrado em andamento "Uso de dados no processo de projeto" e busca aproximar o tema "Transpesquisa: intervenções colaborativas em mundos complexos" a partir de três visões: a sistematização que aproxima a teoria da Cibernética com a prática do design apresentada por Hugh Dubberly e Paul Pangaro (2007) o conceito de sistemas dinâmicos e a mudança de paradigma no design de Klaus Krippendorff (2004) e a emergência em sistemas complexos.

**Palavras-chaves:** cibernética, design colaborativo, emergência, processo de projeto, sistemas complexos.

## Introdução

A pesquisa de mestrado em andamento, "Uso de dados no processo de projeto: programação visual e modelagem de informação", busca estabelecer métodos que auxiliam na ampliação dos processos de projeto arquitetônico através da aliança de estratégias computacionais e teorias sistêmicas.

A partir do aporte das três teorias que formam os pilares do pensamento complexo – Teoria Geral dos Sistemas, Cibernética e Teoria da Informação –, a organização da Cibernética de Segunda Ordem, pode apresentar procedimentos para a interação e iteração de dados de múltiplos agentes, como sociais, culturais, ambientais e produtivos no processo de projeto de arquitetura contemporânea.

Para aplicar os métodos estabelecidos pela intersecção dessas teorias, serão utilizadas interfaces de Programação Visual em plataformas de Modelagem de Informação. Partiremos pelo projeto mediado por processos computacionais pois nele podemos trabalhar em níveis mais profundos, assumir tarefas mais complexas e tornar o processo mais eficiente.

Este artigo busca aproximar a pesquisa em andamento ao tema "Transpesquisa: intervenções colaborativas em mundos complexos", tema da sexta edição do seminário de pesquisas em curso do Nomads.usp, FLASH!06.

O processo de projeto que envolve equipes multidisciplinares e participação do usuário são por si só interações complexas, durante o processo precisam ser estabelecidas metas, medidas e diretrizes para que todos os membros da equipe trabalhem em sintonia com os objetivos propostos. Entender um sistema inteiro pode ser difícil com a complexidade dos projetos e demandas contemporâneas, geralmente o processo de projeto revela apenas algumas facetas por vez ao longo de seu desenvolvimento.

Todos os participantes são observadores do sistema, o papel do observador é fornecer uma descrição do sistema e informar um outro observador. Esse processo de conversação requer uma linguagem em comum que vai além do idioma falado, uma linguagem que para responder à complexidade contemporânea, precisa olhar através das lentes da informação, comunicação subjetiva e organização.

A Cibernética, surgida na década de 40 como uma atividade multidisciplinar, com colaboração de diversos cientistas, entre eles físicos, matemáticos, engenheiros elétricos, fisiologistas, neurologistas, psicólogos experimentais, psiquiatras, sociólogos e antropólogos culturais, estabelece uma série de modelos organizacionais de como os seres humanos interagem com máquinas, sistemas e uns com os outros (DUBBERLY; PANGARO, 2015), e se torna fundamental como lente para observar e estabelecer modelos de design colaborativo que trabalham mediados por processos computacionais, como um idioma e fonte de estruturas para a prática do design (DUBBERLY; PANGARO, 2007), pois fornece estruturas conceituais para a compreensão e melhoria do que projetamos.

Os arquitetos e ciberneticistas Hugh Dubberly e Paul Pangaro propõem, a partir da Cibernética, uma série de estruturas que individualmente fornecem modelos úteis para entender, gerenciar e projetar sistemas dinâmicos (DUBBERLY; PANGARO, 2007). Esses "sistemas dinâmicos" são entendidos como a mudança de paradigma em design, impulsionado pelo uso da tecnologia da informação, que não mais se debruça no projeto centrado no objeto, mas ao design de serviços ou experiências (KRIPPENDORFF, 2004).

É importante ressaltar a importância desta mudança de paradigma de “produto” do design nesta abordagem, pois o processo que interage diretamente com tecnologias da informação são as interfaces principais desta pesquisa e dos processos de projeto em andamento no Nomads.usp. Klaus Krippendorff fundamenta essa mudança:

Nossa sociedade da informação em rápida evolução, está mudando sua ênfase de produtos industriais para uma nova classe de artefatos: interfaces. Interfaces são híbridos de percepção humana e interação com a tecnologia. Entendê-los apresenta um desafio epistemológico. Pela primeira vez, motivações para realizá-los residem dentro do processo de engajamento, minando radicalmente explicações mecanicistas/ causais e os nossos critérios de design tradicionalmente funcionalistas (incluindo fatores humanos). (KRIPPENDORFF, 2004, p.43, tradução nossa)

Dubberly e Pangaro apresentam sete estruturas cibernéticas que podem ser úteis no processo de projeto de design de sistemas dinâmicos, intituladas como “Frameworks cibernéticos para modelar **o que** projetamos” e “*Frameworks* cibernéticos para modelar **como** projetamos”. São elas:

### **1) Sistema cibernético de primeira ordem (Feedback)**

A primeira ordem da Cibernética, descrita por Norbert Wiener, fornece uma estrutura para descrever uma interação simples. Wiener introduz e define o conceito de *feedback*. Esse modelo, segundo os autores: “Enquadra interação como informação que flui em um *loop* contínuo através de um sistema e seu ambiente. Ele forma uma coerência em que cada objetivo, atividade, medida e perturbação implica um no outro.” (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.6).

O método aplicado no design “pensar, fazer, testar” ou “planejar, fazer e verificar” (DUBBERLY; PANGARO, 2007, apud SHEWHART, 1939) agora retorna ao próprio processo, a fim da verificação informar as decisões de entrada, fechando o processo de *feedback*.

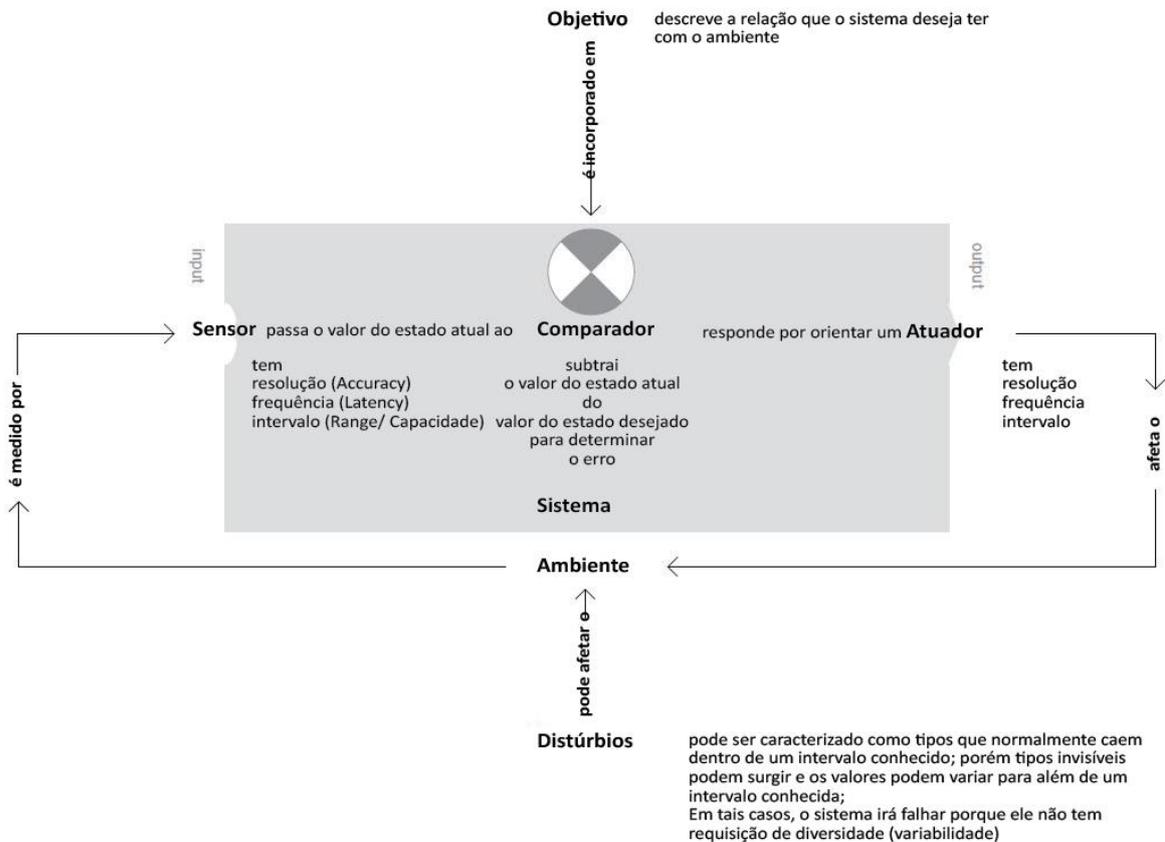


Figura 1: Sistema cibernético de primeira ordem. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.17).

## 2) Requisito de diversidade

Neste tópico, os autores se baseiam na definição de "*requisite variety*" do ciberneticista Ross Ashby. Este *framework* descreve os limites de um sistema, as condições em que ele sobrevive e as condições em que falha. Conhecer essas condições força os participantes do projeto a serem específicos em definir o intervalo, resolução e frequência das diretrizes tomadas como objetivos e dá parâmetros suficientes para discutir a validade desses objetivos. (DUBBERLY; PANGARO, 2007).

Dubberly e Pangaro também observam a importância da diversidade na própria equipe de projeto: os integrantes "têm um conjunto de competências e experiência que eles podem trazer para um projeto. Podemos avaliar a aptidão de uma equipe ou mesmo indivíduos para uma tarefa em termos da diversidade que eles trazem." (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.10).

É importante complementar a importância da ideia de variabilidade dentro de um sistema a partir das ideias sintetizadas por Steven Johnson ao questionar um sistema que atende a todas as requisições e *feedbacks* do usuário (ou do próprio sistema). O sistema pode se tornar tão personalizável que perde o valor e a surpresa. Não há como tropeçar ou descobrir uma variação que pode ser interessante ao usuário do sistema, a experiência torna-se limitada. (JOHNSON, 2003)

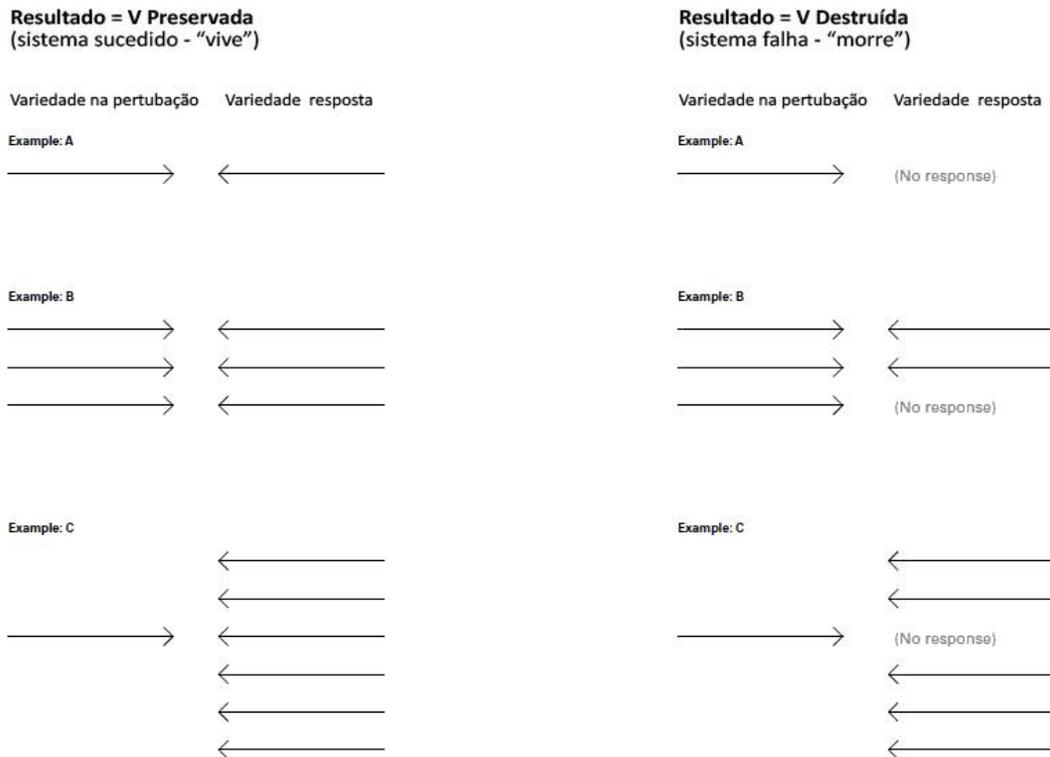


Figura 2: Requisito de diversidade. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.18).

### 3) Sistema cibernético de segunda ordem

Nesta revisão da cibernética, o papel do observador e das observações sobre o sistema passam a ser parte do próprio sistema, sendo conhecida como "cibernética da cibernética". Os ciberneticistas Francis Heylighen e Cliff Joslyn explicam a necessidade desta revisão na teoria: "Como a mecânica quântica tem nos ensinado, observador e observado não podem ser separados, e o resultado de observações irão depender de suas interações. O observador também é um sistema cibernético, tentando construir um modelo de outro sistema cibernético" (HEYLIGHEN; JOSLYN, 2001, p.3-4)

Conhecendo o diagrama de funcionamento do sistema cibernético de primeira ordem, é fácil compreender como o observador passa a ser parte deste sistema com o modelo abaixo:

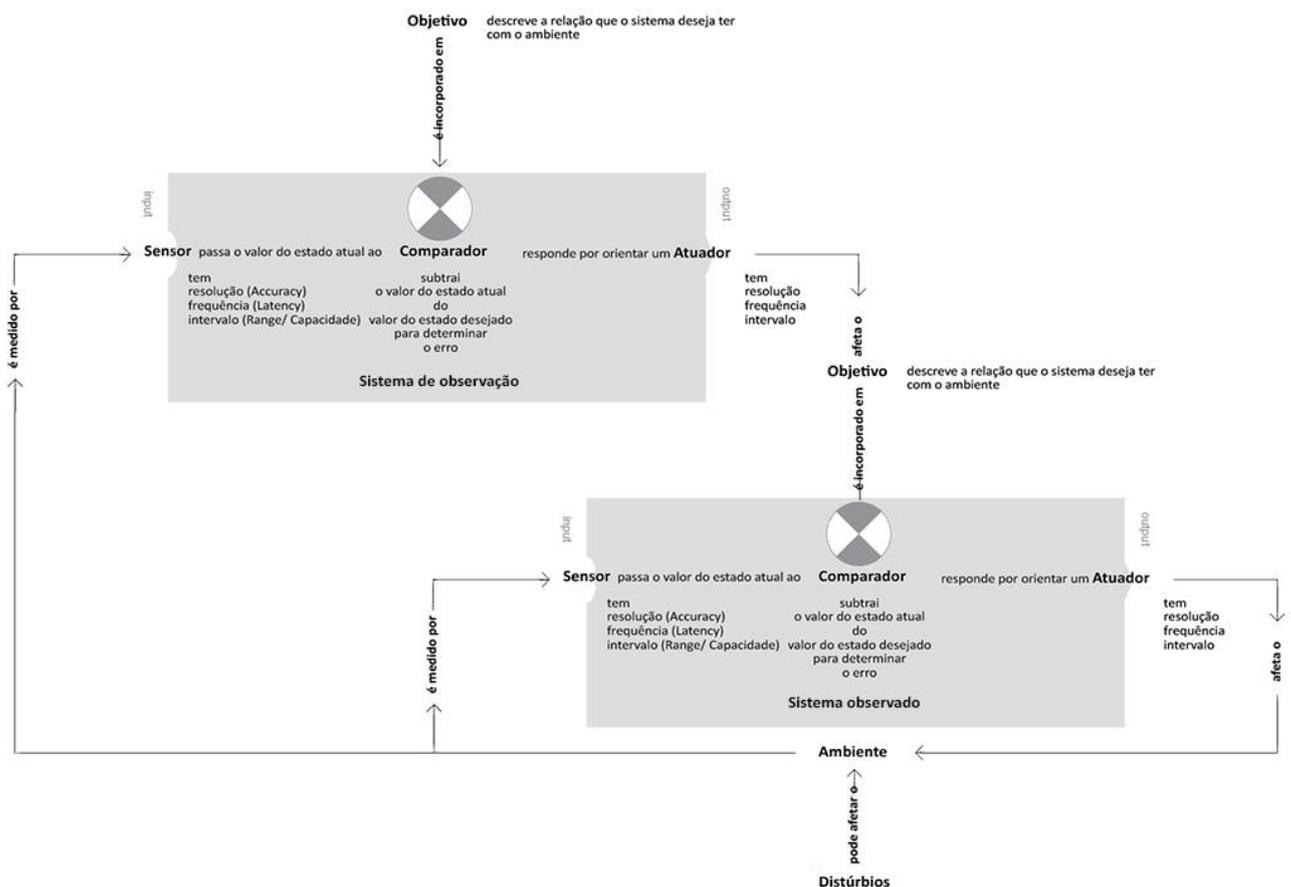


Figura 3: Sistema cibernético de segunda ordem. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.19).

#### 4) Conversação, colaboração e aprendizagem (sistema participativo)

Para tratar de colaboração e aprendizado em sistemas participativos, os autores buscam fundamentos da Teoria da Conversação de Gordon Pask, que define conversação como "intersecção entre dois sistemas de segunda-ordem (PASK, 1975 apud DUBBERLY; PANGARO, 2007)

Segundo os autores: "Este *framework* faz uma distinção entre discussões sobre metas e discussões sobre métodos e fornece uma base para a modelagem de sua coordenação mútua. Ele também distingue entre *it-directed* (controle) e *other-directed* (comunicação)" (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.7)

O diagrama dos autores diferencia três tipos de conversação durante o processo de projeto, sendo o terceiro o processo ideal num processo de projeto dinâmico:

1. Conversação sobre objetivos e métodos: onde os loops horizontais representam a troca de informações entre o objetivo (parte superior) e método (parte inferior), e os loops verticais representam a checagem individual da consistência da informação trocada;

2. Cooperação para atingir os objetivos: onde os participantes da conversa precisam da ajuda do outro para atingir as metas de executar tarefas. "As metas de um e objetivo de outro podem ser diferentes, mas cada um concorda em ajudar no objetivo do outro" (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.20)

3. Colaboração para objetivos em comum: onde os participantes concordam em colaborar na formulação dos objetivos e com os métodos para atingi-los. "Eles se fundem para se tornar um único sistema de objetivos e ações. Em troca de perderem sua individualidade, eles abaixam seu "custo-biológico" individual." (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.20). A noção de "custo-biológico" é definida pelos autores no tópico a seguir.

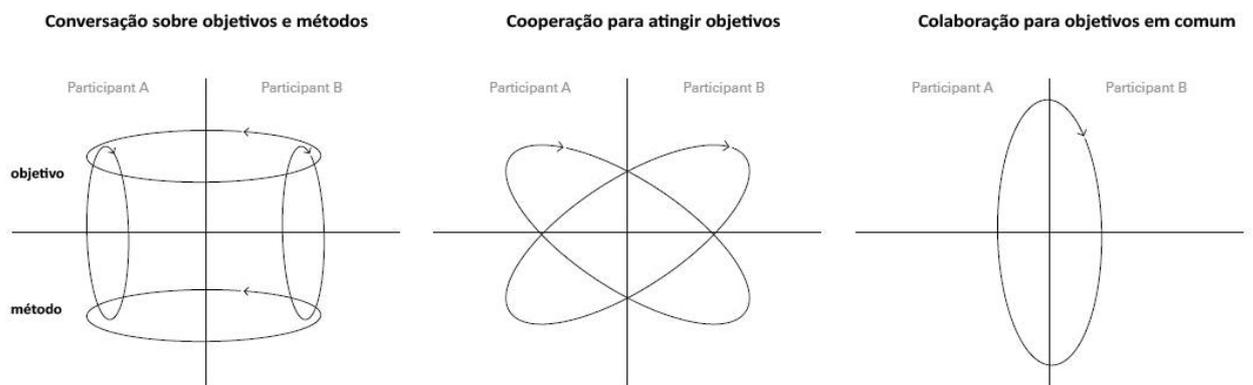


Figura 4: Conversação, colaboração e aprendizagem. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.20).

## 5) Custo-biológico

A noção de "*bio-cost*" vem de conversas dos autores com o banqueiro Michael Geoghegan e é definido como o esforço que um sistema gasta para atingir um objetivo.

Essa equação é útil para avaliar e comparar métodos de interação existentes e propostos. (Valor = ganho – custo)

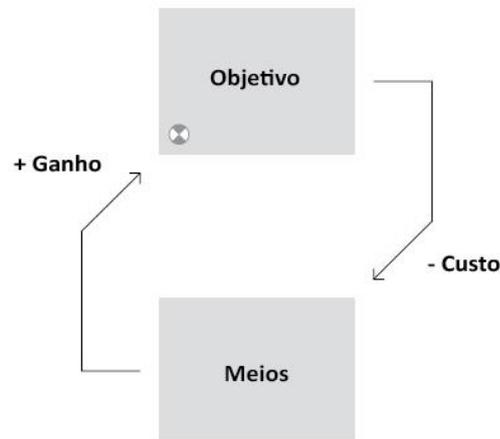


Figura 5: Custo-biológico. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.21).

## 6) *Autopoiesis*

Termo cunhado por Francisco Varela, Humberto Maturana, para descrever processos pelo qual um sistema se mantém e atinge autonomia. A *autopoiese* de um indivíduo "contêm um conjunto de transformações dinâmicas que manter a si mesmo e seus limites." (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.22)



Figura 6: Autopoiesis. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.22).

## 7) *Evolução (nos termos de requisito de diversidade)*

Os autores apresentam a relação da evolução de um organismo como intrínseca a evolução de seu ambiente, como parte de um sistema cibernético por expandir o alcance e valores dos tópicos anteriores. A diversidade é um conceito fundamental na

evolução de um organismo e seu ambiente baseado na teoria da evolução darwiniana, que precede a cibernética, e aspectos de seleção, recombinação e mutação de John Holland.

O autor aplica o conceito de evolução com diversidade a observação da prática do design enquanto organismo observado: "Designers também carecem de ferramentas para evoluir as suas ferramentas e processos. O progresso é lento; inovação é pouco frequente. A globalização pode colocar pressão sobre o ambiente atual e forçar uma mudança mais rápida." (DUBBERLY; PANGARO, 2007, p.11)

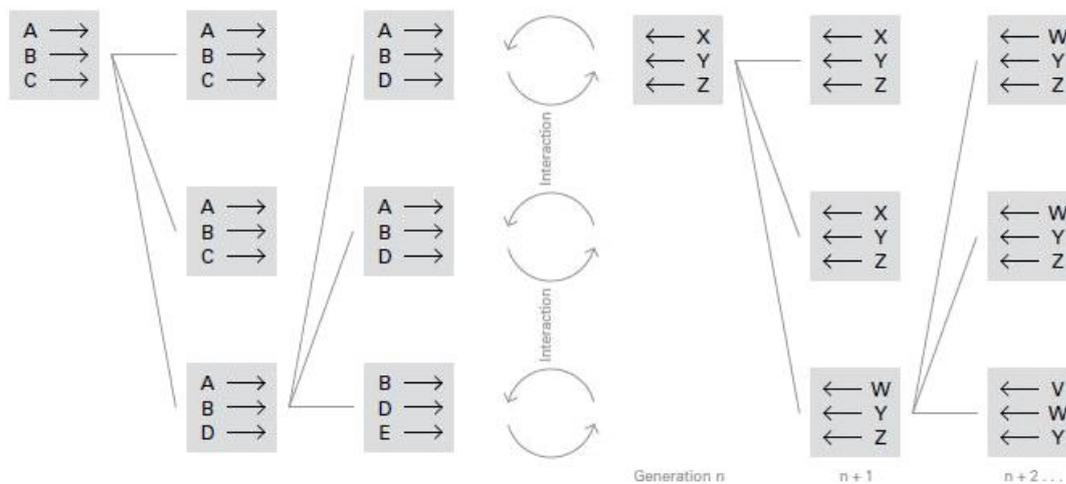


Figura 7: Evolução. Fonte: adaptado de DUBBERLY e PANGARO (2007, p.23).

Neste tópico, o autor cita o trabalho de estudiosos do design que discutem ambientes emergentes, como John Rheinfrank and Austin Henderson, e abre espaço para a inserção do oitavo tópico desta lista, discutido pela pesquisadora como complementar ao trabalho de Dubberly e Pangaro, a emergência (emergence).

### **Emergência em sistemas complexos**

Existem dois entendimentos de complexidade, segundo Steven Johnson, duas experiências com implicações diferentes. Complexidade no sentido mais convencional é usada como sobrecarga sensorial. Neste sentido, a complexidade foi muito usada em textos dos séculos XIX e XX, contudo, há também a complexidade como um sistema de auto-organização. Tal tipo de complexidade vive em um nível além da recepção sensorial por parte do observador de um sistema complexo. Um sistema é complexo pois seus organismos se auto-organizam a partir de muitas decisões individuais, uma

ordem global construída a partir de interações locais. Padrões maiores podem emergir de ações locais descoordenadas.

Quando a complexidade de um sistema é olhada sem um olhar sistêmico, quando vemos formatos ou padrões recorrentes e estruturas emergindo de um aparente caos, nossa reação imediata é procurar os líderes, ou seja, sem um olhar sistêmico, não é possível detectar a emergência de um sistema, pois não há líderes ordenando padrões, mas sim padrões que emergem por auto-organização de muitos organismos individuais que se relacionam. Nas palavras de Johnson: "são sinais emergindo de um lugar do qual só esperaríamos ruídos". (JOHNSON, 2003, p. 29)

Warren Weaver afirma que há diferenças em resolver problemas de complexidade desorganizada e complexidade organizada (auto-organizada ou orgânica) (WEAVER, 1948). Para o primeiro, existem métodos estatísticos que fornecem uma solução, já para a complexidade de um sistema onde atua a emergência é exigido uma nova abordagem. Weaver afirma que o paradigma de pesquisa que permitiu essa nova abordagem era olhar os sistemas (biológicos, no caso de sua área de pesquisa), não somente de cima, com a visão ampla do filósofo da natureza, mas também de baixo, como um analista quantitativo que mede os fatos sob a superfície. (JOHNSON, 2003, p. 35) Assim, a mudança de paradigma para analisar sistemas biológicos é a abordagem *bottom-up*.

É importante lembrar que *bottom-up*, combinada aos círculos de *feedback* e avaliação propostos pela cibernética, assim como a criação do computador, possibilitou ao matemático e cientista da computação, Oliver Selfridge a criação do primeiro algoritmo de inteligência artificial e aprendizado de máquina da história. Foi a partir do modelo de Selfridge que John Holland tomou a lógica da evolução de darwiniana e a transformou em código: o algoritmo genético. (JOHNSON, 2003, p. 42).

Como exemplo de como age um sistema complexo organizado (*bottom-up*) podemos exemplificar que os agentes individuais de um sistema não têm acesso à situação global e não recebem ordens superiores, mas agem de acordo com os indivíduos mais próximos, eles pensam e agem localmente e sua ação coletiva produz o comportamento global. Assim, o *feedback* local pode se revelar como o segredo do planejamento descentralizado.

Assim, Francis Heylighen define emergência, em seu artigo de 1989, intitulado "Auto-organização, Emergência e a Arquitetura da Complexidade" como:

A emergência é um conceito clássico na teoria de sistemas, onde se denota o princípio que as propriedades globais que definem os sistemas de ordem superior ou "todo" (por exemplo, limites, organização, controle...) pode em geral não ser reduzida para as propriedades da parte inferior dos subsistemas de ordens ou "partes". (HEYLIGHEN, 1989, p.24, tradução nossa)

Outro ponto interessante que pode ser citado na emergência de um sistema e que contribuem com os tópicos apresentados por Dubberly e Pangaro, é a importância da simplicidade das partes componentes do sistema: "sistemas emergentes podem ficar fora de controle quando suas partes se tornam excessivamente complicadas. É melhor construir um sistema com elementos simples densamente interconectados e deixar que comportamentos mais sofisticados ocorram aos poucos" (JOHNSON, 2003, p. 57). Um exemplo aplicado desta abordagem é a linguagem do computador, um sistema complexo, que trabalha apenas com números binários (zero e um).

### **Conclusão**

Juntas, essas estruturas orientam muitas das novas necessidades do design, pois fornece estruturas conceituais para a compreensão e melhoria do que projetamos. As estruturas baseadas na cibernética fornecem bases sólidas, que historicamente tem desenvolvido (em conjunto com a Teoria Geral dos Sistemas e Teoria da Informação) as tecnologias da informação, computadores, algoritmos de aprendizado de máquina, comunicação, robótica e muitas das tecnologias empregadas em serviços e dispositivos usados abundantemente na sociedade contemporânea.

### **Referências Bibliográficas**

DUBBERLY. Hugh; PANGARO. Paul. **Cybernetics and Service-Craft: Language for Behavior-Focused Design**. Kybernetes, v.9, Janeiro, 2007. Disponível em <<http://www.dubberly.com/articles/cybernetics-and-service-craft.html>> Acessado em 20 de maio de 2016.

DUBBERLY. Hugh; PANGARO. Paul. How cybernetics connects computing, counterculture, and design. in **Walker Art Center Exhibit Catalog, Hippie Modernism: The Struggle for Utopia**, October, 2015. Disponível em <<http://www.dubberly.com/articles/cybernetics-and-counterculture.html#endnote59>> Acessado em 20 de maio de 2016.

HEYLIGHEN, Francis. Self-Organization, Emergence and the Architecture of Complexity, in: **Proceedings of the 1st European Conference on System Science**, (AFCET, Paris), p. 23-32. 1989

HEYLIGHEN, Francis; JOSLYN, Cliff. **Cybernetics and second-order cybernetics**. In: MEYERS, R. A. (ed.) *Encyclopedia of Physical Science & Technology* (3rd ed.). New York: Academic Press, 2001.

JOHNSON, Steven. **Emergência, a vida integrada de formigas, cérebros, cidades e softwares**. Tradução Maria Carmelita Pádua Dias, Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editora, 231p, 2003.

KRIPPENDORFF, Klaus. **Intrinsic Motivation and Human-Centered Design**. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*, 5 (1), 43-72. 2004. <<http://dx.doi.org/10.1080/1463922031000086717>> Acessado em 28 de maio de 2016.

PASK, Gordon. A Relevância da arquitetura da Cibernética, in "Architectural Design, 494. 1969.

WEAVER, Warren. Science and complexity. **American Scientist**, V. 36, (s/n) pp. 536-544, 1948.