

# POÉTICAS DA COMPLEXIDADE

Marília Bergamo

*Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG*



## INTRODUÇÃO

A complexidade não é observada, somente alguns vestígios são perceptíveis ao olhar, mas é possível inferir as partes de um todo, trechos de momentos incompletos e não totalmente acessíveis. Apesar de não observada, a complexidade é apreendida pela mente humana, que é capaz de se sensibilizar tanto com as individualidades como com os padrões. Para tanto, é oportuno mapear suas estruturas formativas, pois são elas que nos permitem simular complexidades e assim ampliar nossa percepção para o complexo. Nós, seres humanos, somos incapazes de recriar uma específica complexidade que percebemos, mas somos capazes de criar outras complexidades, formas intencionais de interações que formam camadas sobre outras complexidades.

Este texto é um apanhado de premissas teóricas que permitirá ao leitor adentrar-se ao tema da complexidade, e tem como objetivo mapear o conceito de Poéticas da Complexidade. Similarmente, este texto procura servir de origem para uma disciplina na pós-graduação que é o resultado de experimentações tecnológicas e fundamentalmente coletivas dos vários trabalhos do grupo 1maginari0: Poéticas Tecnológicas<sup>1</sup> nos últimos doze anos de prática artística e pesquisas, com a particular contribuição indireta da professora Suzete Venturelli, e

---

1 Disponível em: <http://www.1maginari0.art.br/>. Acesso em: 24 jan. 2020.

recentemente, do professor e artista Jon McCormack, que suportam, de forma primordial, o resultado desse corpo teórico.

22 Portanto, antes de avançar sobre o tema, gostaria de destacar o trabalho do professor Francisco Marinho criado para o Espaço do Conhecimento da UFMG em 2010. Alinhado Evolução Biológica (figura 1), o projeto permitia a criação de estruturas abstratas (figura 2 a e b) a partir de um modelo formativo (figura 3) que determinava a capacidade evolutiva e de ação do indivíduo virtual em um espaço bidimensional. Essas estruturas, depois de serem criadas, viviam nesse espaço, alimentavam-se, cresciam, cruzavam e morriam. Contudo, não estavam restritas ao espaço bidimensional onde eram criadas. Na concepção do artista, um outro espaço bidimensional, em um outro local do prédio, recebia algumas dessas estruturas, que eram enviadas através de um buraco negro, graficamente desenhado. Na época, esse trabalho recebeu severas críticas de cientistas que faziam parte da equipe de desenvolvimento. Não tenho um registro documental dos argumentos específicos, mas um deles está vívido em minha memória: eles consideraram o trabalho pouco ilustrativo para o conceito de evolução biológica. O argumento principal era de que as estruturas abstratas de quadrados e círculos definidas pelo artista (figura 4) não eram formas diretamente observáveis na natureza. Porém, para o artista essas formas eram fundamentalmente necessárias para que fosse possível representar a evolução de uma forma poética.

Formas geradas pela complexidade, assim como as formas geradas pelo mundo biológico, representam um compromisso evolutivo otimizado das várias demandas funcionais dos corpos. Reduzindo-se esses corpos às formas básicas de composição: círculos, quadrados e triângulos, o professor Francisco Marinho desejava sensibilizar o público com o conceito de evolução a partir da lógica abstrata. Essa decisão poética era um compromisso entre a teoria da composição das formas e a sensibilização para a interação possível entre as partes in-



Figura 1 - Grupo Imaginari0, *Evolução Biológica*, fotografia digital, Agosto 2010.



Figura 2 a - Marília Bergamo, *Evolução Biológica: Interface de modificação/criação dos agentes*, sistema interativo, Agosto 2010.

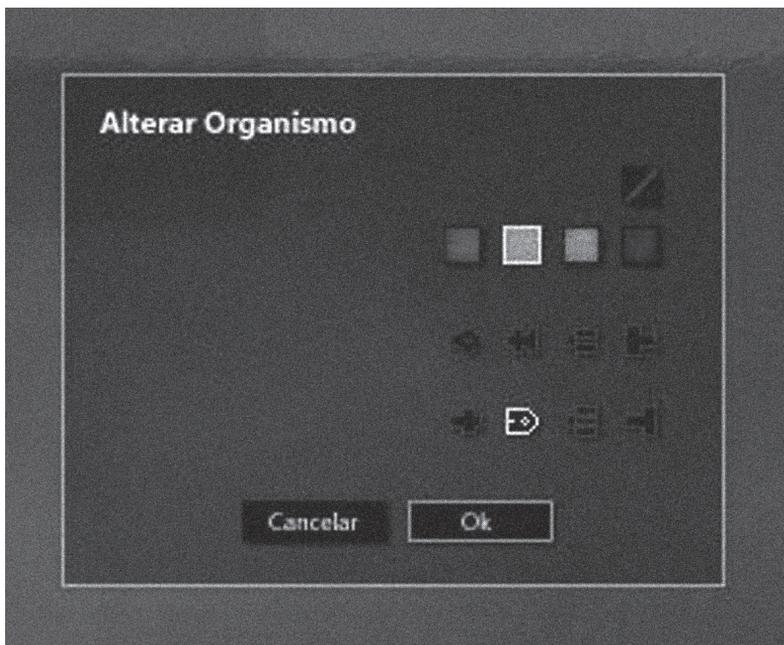
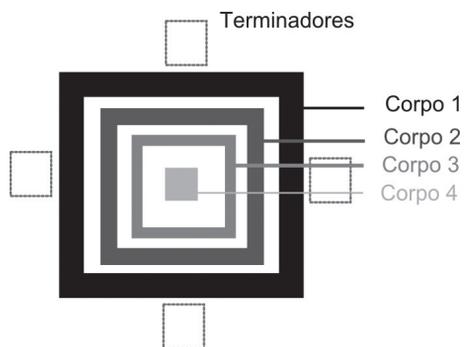


Figura 2 b - Marília Bergamo, *Evolução Biológica: Interface de modificação/criação dos agentes*, sistema interativo, Agosto 2010.



26

Figura 3 – Francisco Marinho, *Evolução Biológica: Anatomia do agente*, desenho digital, Novembro 2009.

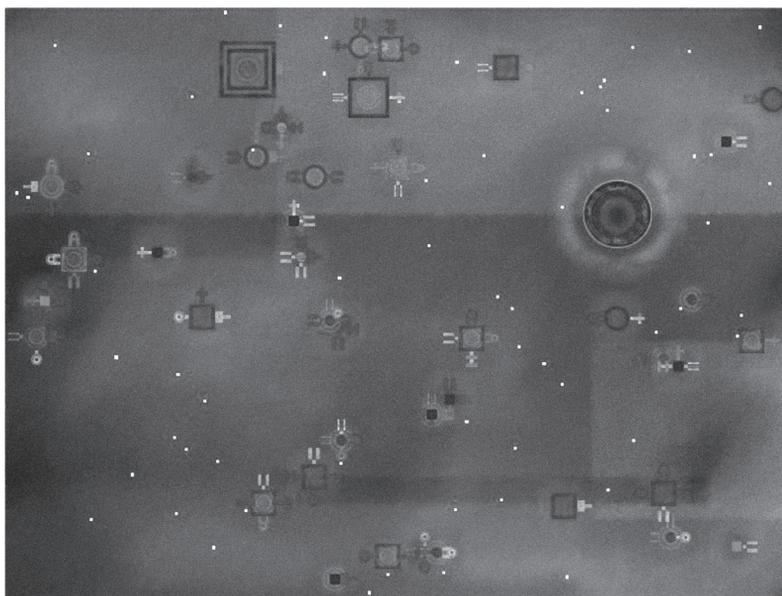


Figura 4 – Francisco Marinho, *Evolução Biológica – projeto conceitual*, desenho digital, Novembro 2009.

dividualizadas que poderiam ser geradas pelo sistema.<sup>2</sup> Enquanto sua estrutura esteve acessível, Evolução Biológica era um dos trabalhos de maior frequência e interesse do Espaço do Conhecimento da UFMG. Infelizmente, sua manutenção o tornou inviável, e ele foi descontinuado, mas ainda restam os registros e as bases formativas de sua lógica, o que permite que seja, portanto, novamente simulado. A partir dessa obra, surgiu no grupo 1maginari0: Poéticas Tecnológicas o interesse pelo complexo enquanto disciplina transdisciplinar dentro do campo das poéticas tecnológicas. Evolução Biológica marca, sobretudo, o despertar sobre as Poéticas da Complexidade, o desejo de criar sistemas poéticos que revelem como o todo é maior que suas partes.

27

## O QUE É A COMPLEXIDADE

Complexidade, como disciplina, trata da descrição e, às vezes, da predição de dinâmicas que exibem comportamentos mutáveis. Ou seja, a complexidade é o estudo dos sistemas que exibem emergência não trivial e comportamento auto-organizado. Os sistemas complexos apresentam sempre três propriedades comuns: uma rede de componentes individuais, cada parte seguindo regras relativamente simples sem controle central – sem líderes; as partes devem usar informação e sinalização de interações internas e externas; e as partes incorporam mudanças em seu comportamento para aprimorar suas chances de sobrevivência ou sucesso, por aprendizado ou processo evolucionário.<sup>3</sup>

Apesar dos inúmeros exemplos de sistemas complexos existentes, geralmente são citados como exemplos o cérebro humano, os sistemas imunológicos e os sistemas sociais – estes são expostos em formas de visualização de redes de interação. Existe um espa-

---

2 BERGAMO; MARINHO. Do elemento autônomo à composição autônoma.

3 MITCHELL. *Complexity: a Guided Tour*, p. 12.

ço *on-line*, *Visual Complexity*,<sup>4</sup> que apresenta uma série de imagens e descrições de sistemas complexos. Os exemplos vão das artes à biologia, dos sistemas computacionais às redes de transporte, das semânticas às políticas, e representam uma visualização referencial ao conceito da complexidade.

28

A ciência da complexidade nasce com a teoria dos sistemas dinâmicos, que descrevem, em termos gerais, os modos como um sistema pode se alterar e que tipos de comportamentos macroscópicos são possíveis. Além disso, o estudo dos sistemas dinâmicos também descreve previsões sobre os comportamentos. A teoria dos sistemas dinâmicos ficou bastante popular devido a uma de suas vertentes, o estudo do Caos, que veio confrontar o modelo de universo como um relógio, e também a afirmação de Pierre Simon Laplace em 1814 que afirmava que tendo em vista as leis de Newton, seria possível, em princípio, prever tudo a qualquer tempo. É interessante ressaltar que reside no imaginário humano a relação entre tecnologia e precisão. Contudo, duas grandes descobertas do século XX mostraram que a teoria da previsibilidade de Laplace não é possível, nem em princípio.<sup>5</sup>

Segundo Mitchell,<sup>6</sup> a chave para o entendimento da dinâmica é a chamada não linearidade. A princípio, entender o conceito da não linearidade é bastante simples. Em um sistema linear, se você compreender as partes vai compreender o todo. A linearidade é o sonho

---

4 *Visual Complexity*, disponível em: <http://www.visualcomplexity.com/vc/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

5 A primeira descoberta foi o princípio da incerteza em mecânica quântica (Werner Heisenberg): quanto mais certo alguém está sobre onde a partícula está localizada, menos se sabe sobre o seu momento e vice-versa. A segunda, a sensibilidade às condições iniciais (definida pelo matemático Henri Poincaré, também maior contribuinte para o atual modelo contemporâneo da mecânica): pequenas incertezas na medição da posição inicial e do momento pode resultar em enormes erros em previsibilidade a longo prazo. Henri Poincaré (*many-body-problem*).

6 MITCHELL. *Complexity: a Guided Tour*, p. 22.

do reducionista, a não linearidade<sup>7</sup> o seu pesadelo. É importante destacar alguns princípios básicos fundamentais sobre os sistemas dinâmicos. São eles: o comportamento randômico pode emergir de sistemas determinados sem uma interferência externa randômica; o comportamento de um sistema determinístico não pode, a princípio, ser previsto em um longo tempo devido à dependência das condições iniciais; apesar de não ser possível prever o comportamento de sistemas caóticos, existe uma ordem no caos: a bifurcação e as constantes de Feigenbaum.<sup>8</sup> Assim, alguma previsibilidade se torna possível em aspectos mais globais e não no nível do detalhamento. A dinâmica é o despertar para o assunto, mas são as ciências da informação, da computação, da inteligência artificial e da evolução que consolidam o pensamento científico sobre o complexo.

29

## BASES CIENTÍFICAS DO PENSAMENTO COMPLEXO

A complexidade não é um tema recente no campo das artes tecnológicas. Em 1968, em Londres, um grupo de pioneiros artistas apresentou a exposição *Cybernetic Serendipity*.<sup>9</sup> Essa exposição é um dos marcos para a área e é fundamental para o conceito de Poéticas da Complexidade. Contudo, no decorrer dos últimos anos de trabalho e pesquisa, percebemos que o pensamento científico por trás do tema ainda carece de

---

7 Aconselha-se o estudo dos vídeos *Nonlinear System Course*, disponíveis em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLsJWgOB5mIMDL4AVYAxG05IE3zL-5Z9weW>. Acesso em: 15 jan. 2020.

8 As constantes de Feigenbaum são duas constantes matemáticas que expressam proporções em um diagrama de bifurcação para um mapa não linear.

9 Registro e documentação disponíveis em: <https://cyberneticserendipity.net/>. Acesso em: 16 jan. 2020. O catálogo original pode ser encomendado pela internet, ou uma versão de baixa qualidade está disponível em: [https://monoskop.org/images/2/25/Reichardt\\_Jasia\\_ed\\_Cybernetic\\_Serendipidity\\_The\\_Computer\\_and\\_the\\_Arts.pdf](https://monoskop.org/images/2/25/Reichardt_Jasia_ed_Cybernetic_Serendipidity_The_Computer_and_the_Arts.pdf). Acesso em: 16 jan. 2020.

ênfase para o ensino do mesmo nas artes tecnológicas, onde as tensões entre ciência e arte são muitas vezes conflitantes e essenciais.

A cibernética é especialmente impactante para as ciências da informação. Seu criador, o matemático Norbert Wiener, publicou em 1948 um trabalho sobre o controle da comunicação nos animais e nas máquinas, colocando no mesmo patamar as estruturas biológicas e maquinicas em termos de troca das informações. Mediante a cibernética, fica registrado que a informação e a computação são fenômenos

30

que ocorrem tanto nos circuitos eletrônicos como em sistemas vivos. Na ciência da complexidade o conceito de informação é usado para caracterizar e medir ordem e desordem, na qual a ordem é na verdade um desvio e a desordem é o caminho usual dos eventos. A auto-organização é o tema central da complexidade, pois ela desafia a entropia que é a tendência dos corpos à desordem. Segundo Mitchell,<sup>10</sup> para entender informação, é preciso entender a termodinâmica, o estudo da física que descreve a energia e suas interações com a matéria. A termodinâmica tem duas leis fundamentais. A primeira é que toda energia é conservada, ou seja, o total de energia no universo é constante, a energia pode ser transformada, mas não criada. A segunda lei é que o total de entropia de um sistema sempre aumenta até que ele alcance seu valor máximo possível, e nunca irá decair por si próprio, até que um agente externo trabalhe para isso. É a segunda lei, conhecida como flecha do tempo, que prova que há processos que não podem ser revertidos no tempo. O conceito de futuro pode ser então definido como a direção do tempo em que a entropia cresce. Na física, essa é a única lei que distingue entre passado e futuro, todas as outras são reversíveis no tempo.<sup>11</sup>

---

10 MITCHELL. *Complexity: a Guided Tour*, p. 42.

11 Ao filmar partículas, um físico não consegue saber se o vídeo está de trás para frente. Ao filmar um calor produzido pela geladeira no modo infravermelho o físico saberá na hora se está indo para frente ou para trás.

O argumento teórico do demônio de Maxwell<sup>12</sup> é um marco para o conceito de informação, pois ele contesta o próprio conceito de flecha do tempo e entropia e, portanto, desafiou a segunda lei da termodinâmica. Maxwell criou o demônio para provar que a segunda lei não era necessariamente uma lei, mas um efeito estatístico. Entretanto, sua teoria apresentava falhas que foram corrigidas posteriormente, mas as resoluções sobre o demônio criaram fundamentos para a Teoria da Informação e a Física da Informação. Contudo, foi Boltzmann<sup>13</sup> que por fim afirmou que sistemas eram feitos de moléculas, e o calor é o resultado de locomoção ou energia cinética. Assim, a mecânica estatística criada por ele propõe que propriedades de grande escala emergem de propriedades microscópicas. O grande problema da mecânica estatística é que ela apresenta o comportamento provável do sistema, mas sempre há uma pequena chance de que algo quase improvável aconteça, e assim a entropia seria então o macroestado mais provável. Shannon<sup>14</sup> adaptou a ideia de Boltzmann para o mundo abstrato da comunicação, e sua solução matemática foi considerada como Teoria da Informação. Na teoria da informação de Shannon a entropia é máxima quando todos os possíveis macroestados são prováveis. A informação definida por Shannon é a predicabilidade da origem da mensagem, mas informação é, na verdade, algo que é analisado para se obter um significado, ela é memorizada e combinada com outras informações que resultam em ações. A informação é processada via computação que, apesar do termo ser reconhecido pelo amplo uso dos computadores eletrônicos, é muito mais ampla e pode ser naturalmente observada nos sistemas complexos.

---

12 Uma caixa é dividida em duas partes com uma pequena porta, a porta seria controlada por um pequeno demônio, um ser muito pequeno capaz de medir a velocidade das moléculas de ar que passam pela porta. O demônio abre a porta para permitir que as moléculas rápidas passem todas para um lado e as lentas para o outro, e assim seria capaz de reverter a segunda lei da termodinâmica.

13 Ludwig Eduard Boltzmann, físico e filósofo austríaco.

14 Claude Elwood Shannon, matemático, engenheiro elétrico e criptógrafo americano.

Segundo Mitchell,<sup>15</sup> em 1900 David Hilbert apresentou, entre outras, três importantes questões para o estudo da matemática. A primeira consiste em comprovar se a matemática era completa. A segunda trata de questionar se a matemática em si era consistente. A terceira se toda sentença matemática é decidível, ou seja, existiria um número finito de procedimentos aplicados a todos os outros que diria em tempo finito se a sentença é falsa ou verdadeira. Até 1930 esses problemas continuavam sem solução. Contudo, é na figura de Kurt Göbel<sup>16</sup> que surge uma solução a partir do Teorema da Incompletude, que mostra que, se a aritmética é consistente, então existem sentenças que não podem ser provadas. Portanto, a aritmética é incompleta. Se a aritmética é inconsistente, então há sentenças falsas que podem ser provadas, e toda a matemática entraria em colapso. Enquanto Göbel destruiu a primeira e a segunda afirmação de Hilbert, Alan Turing destruiu a terceira. A Máquina de Turing é uma construção de um método de automação do Problema da Indecisão. A Máquina de Turing é um procedimento matemático, e equivale a dizer que programas podem ser linhas de outros programas. Na computação moderna, o comportamento de laço infinito é a prova de que uma Máquina Universal<sup>17</sup> pode nunca chegar a uma decisão final. Göbel descobriu um modo de codificar sentenças matemáticas, para que possam falar de si mesmas. Turing descobriu como codificar sentenças matemáticas como máquinas e, portanto, como rodarem a si próprias. Com isso, Turing cria a base para fazer fisicamente tais máquinas e prova que há limites naquilo que pode ser computado.

---

15 MITCHELL. *Complexity: a Guided Tour*, p. 57.

16 O trabalho de Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. A Metaphorical Gigue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll*, é uma ampla pesquisa que descreve de forma mais abrangente vários desses aspectos relacionados especificamente às artes. Uma leitura recomendada para aqueles que desejam se aprofundar nas raízes da complexidade enquanto poética.

17 Como a máquina criada por Turing foi nomeada em seu texto.

Para Mitchell, o século XIX foi um tempo de crença nas infinitas possibilidades matemáticas. Hilbert e outros acreditavam que existia um modo automático de provar ou contradizer qualquer sentença e assim mostrar que não havia nada que a matemática não poderia resolver. Similarmente, observamos que Laplace e outros acreditavam que, usando as leis de Newton, cientistas poderiam prever qualquer coisa no universo. Juntos, o desenvolvimento da mecânica quântica e o caos destruíram a esperança da predição. Gödel e Turing destruíram a esperança de um poder ilimitado da computação e da matemática. Contudo, como consequência direta, essa situação permitiu que Turing criasse a possibilidade de construir as máquinas programáveis, o que mudou muito o modo como vivemos.

Além da criação do conceito de máquinas programáveis, devemos também a Turing<sup>18</sup> o início do conceito de Inteligência Artificial, pois em seu artigo ele cria o Jogo da Imitação, que não tem como objetivo penalizar a máquina por sua incapacidade de ser brilhante em uma competição, ou penalizar o homem por perder uma corrida para um avião. Mais do que tudo, as condições do jogo tornam essa comparação irrelevante. Para Turing, se o homem tentasse ser uma máquina, ele iria provavelmente ser uma máquina muito ruim, e o mesmo vale para uma máquina que tentasse ser um humano. Contudo, ainda assim seria possível que máquinas possuíssem algo que poderia ser considerado como um pensamento? Essa era a questão filosófica fundamental abordada por Alan Turing. Turing concluiu que a melhor estratégia para a máquina, no jogo da imitação, é fazer algo diferente do que tentar imitar um ser humano. Turing usa então novamente seu modelo de Máquina Universal para resolver a questão. Ele substitui a pergunta “Podem as máquinas pensar?” por “Existem Máquinas Universais imagináveis que se sairiam bem no jogo da imitação?”. Em seu artigo, Turing aponta, inclusive, para fundamentos tão

---

18 TURING. *Computing Machinery and Intelligence*, p. 433.

intrínsecos do preconceito humano que limitam a resposta a essa pergunta. Não teremos espaço aqui para citar esses preconceitos, mas a leitura desses é sugerida para uma melhor compreensão de como poéticas desenvolvidas por Máquinas Universais encontram, ainda hoje, barreiras similares no campo das artes.

34

A noção de entropia de um sistema é um conceito intrínseco à concepção humana. É uma mensagem sombria que percebemos constantemente em nossa marcha inexorável ao máximo de entropia. Porém, existe um contraponto a ela, dado pela própria natureza: o conceito de vida. Todos os sistemas vivos são complexos, pois existem em algum lugar entre a ordem e a desordem. Por isso, a evolução é um dos conceitos-chave para a complexidade, além de ser um marco para a história da humanidade. É um conceito tão forte, que além de quase cientificamente irrefutável, vem cada vez mais se expandindo a todos os conceitos do saber humano.

Segundo Mitchell,<sup>19</sup> a história da evolução começa com George Louis Leclerc de Buffon (zoologista) que propôs, em meados de 1700, um trabalho intitulado *Histoire Naturelle*, no qual descreve a similaridade entre diferentes espécies. Ele sugere que a Terra é muito mais antiga que a história da Bíblia e que todos os organismos se desenvolveram de um único antecessor, mas não propôs o mecanismo da evolução. Com Jean-Baptiste Lamarck que escreveu *Philosophie Zoologique*, e propôs sua própria teoria da evolução, novos tipos de organismos são espontaneamente gerados de matéria inanimada, e essas espécies evoluem por meio da herança de características adquiridas. Lamarck deu possíveis exemplos de evolução e afirmou que existia uma tendência à progressão onde os organismos avançavam e onde humanos eram o pináculo dessa progressão. Suas ideias foram rejeitadas, principalmente, pelos seus exemplos: seus dados eram fracos e geralmente limitados a uma visão especulativa. Portanto, foi o trabalho de Charles Darwin que se

---

19 MITCHELL. *Complexity: a Guided Tour*, p. 72.

tornou referência para a Evolução, por ser um cientista importante e, principalmente, por conter um conjunto de ideias mais coerente e uma enorme quantidade de evidências para suportar suas ideias. Ele transformou o conceito de seleção natural de especulação em uma teoria vastamente comprovada. A seleção natural ocorre quando o número de nascimentos é maior do que os recursos existentes podem suportar, e assim os indivíduos competem por recursos. Traços de organismos são herdados com variação. A variação é, em certo sentido, aleatória – isto é, não há força ou viés que leve a variações que aumentem a aptidão. É provável que as variações que se revelem adaptativas no ambiente atual sejam selecionadas, o que significa que os organismos com essas variações tenham maior probabilidade de sobreviver e, assim, transmitir os novos traços a seus descendentes, fazendo com que o número de organismos com essas características aumente em gerações subsequentes. A mudança evolutiva se torna constante e gradual através do acúmulo de pequenas variações favoráveis. De acordo com essa visão, o resultado da evolução pela seleção natural é a aparência do *design*, mas sem o *designer*. A aparência do *design* vem do acaso, da seleção natural e precisa de longos períodos. A entropia diminui porque os sistemas vivos tornam-se mais organizados, aparentemente mais projetados, e o trabalho é feito pela seleção natural. Gregor Mendel foi o primeiro a apresentar que havia descendência nas plantas e ele descobriu que a hereditariedade se dava por meio de fatores discretos. Assim, o meio de herança, o que quer que fosse, parecia ser discreto, e não contínuo como foi proposto por Darwin e outros. Os experimentos de Mendel contradiziam a noção amplamente difundida de misturar herança, e de que os traços da descendência normalmente eram uma média dos traços dos pais. Muitos adeptos iniciais das teorias de Mendel acreditavam em mutação, uma proposta de que a variação nos organismos é devida a mutações em descendentes, possivelmente muito grandes, que conduzem a evolução, com a seleção natural sendo apenas um mecanismo secundário para preservar (ou excluir) mutações em uma população.

*“Natura non facit saltum”*  
*Famosa dispensa sobre mutação de Darwin.*

36

O darwinismo e o mendelismo foram finalmente reconhecidos como sendo complementares por Ronald Fisher, Francis Galton, J. B. S. Haldane e Sewall Wright, fundadores da Síntese Moderna. A derivação é uma força mais forte nas populações pequenas do que nas grandes, porque em grandes populações, as pequenas flutuações que eventualmente resultam em derivação tendem a cancelar uma à outra. Wright acreditava que a derivação genética aleatória desempenha um papel significativo na mudança evolutiva e na origem de novas espécies, enquanto na opinião de Fisher, a derivação tem um papel insignificante, na melhor das hipóteses. O debate sobre os papéis respectivos de seleção natural *versus* derivação era quase tão amargo quanto os anteriores entre os mendelianos e os darwinistas. Foram os cientistas Stephen Jay Gould e Niles Eldredge (paleontologistas), os primeiros estudiosos que perceberam algumas discrepâncias entre o que a Síntese Moderna apontava como teoria e o que o registro real do fóssil mostrava. Nos fósseis, aparecem longos períodos de nenhuma mudança na morfologia dos organismos (e nenhuma nova espécie emergente), pontuada por períodos (relativamente) curtos de grande mudança na morfologia, resultando no surgimento de novas espécies. Esse padrão ficou marcado como equilíbrio pontuado. Alguns defendem a Síntese Moderna, afirmando que o registro fóssil é muito incompleto para que os cientistas façam tal inferência. Contudo, equilíbrios pontuados também têm sido amplamente observados em experimentos de laboratório que testam a evolução, e em simulações por computadores.

Em 1970, Manfred Eigen e Peter Schuster observaram comportamentos similares ao equilíbrio pontuado na evolução de vírus feitos em RNA, e desenvolveram uma teoria de que a unidade da evolução não é o vírus individual, mas o coletivo de vírus, que consiste em có-

pias modificadas do vírus original. Por outro lado, os biólogos Ernst Mayr e Richard Dawkins defenderam fortemente os princípios da Síntese Moderna. Mayr escreveu que não havia nada de gravemente errado com as realizações da Síntese Moderna e que ela não precisava ser substituída. Dawkins afirmou que a teoria da evolução por seleção natural cumulativa é a única teoria que sabemos que é, em princípio, capaz de explicar a existência da complexidade organizada. Muitas pessoas ainda sustentam essa visão da Síntese Moderna, mas a ideia de que a mudança por meio da seleção natural é a principal, se não a única força em moldar a vida, está sob crescente ceticismo com o uso das novas tecnologias, que têm permitido ao campo da genética explorar descobertas inesperadas, mudando profundamente o modo como as pessoas pensam sobre evolução. Segundo Hofstadter,<sup>20</sup> o DNA contém versões codificadas de seus próprios decodificadores e ele também contém versões codificadas de todas as proteínas que são responsáveis por sintetizar os nucleotídeos do DNA, uma circularidade autorreferencial que sem dúvida agradaria a Alan Turing, se ele tivesse vivido para ver isso explicado.

Além da evolução, o aprendizado é também uma forma de incorporar mudanças para aprimorar as chances de sobrevivência ou sucesso. Para nossas pesquisas do grupo Imaginário: Poéticas Tecnológicas, Alan Turing<sup>21</sup> é uma figura essencial. Em relação às alegações sobre o preconceito com as máquinas, uma tem destaque importante para o campo das artes, a alegação de Lady Lovelace,<sup>22</sup> quando afirma que máquinas somente fazem aquilo que é dito a elas. Os argumentos de

---

20 HOFSTADTER. *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. A Metaphorical Guegue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carroll*, p 559.

21 TURING. *Computing Machinery and Intelligence*, p. 450.

22 Augusta Ada King, condessa de Lovelace, matemática e escritora inglesa, conhecida principalmente por seu trabalho no computador de uso geral mecânico proposto por Charles Babbage, considerada a primeira programadora de computadores em registro histórico.

Turing provam que essa frase, tão comumente usada em argumentos estéticos de refutação às poéticas tecnológicas, é irrelevante quando se discute o jogo da imitação, pois em uma Máquina Universal, de tamanho exponencialmente grande,<sup>23</sup> qualquer informação, na verdade, é um desenvolvimento em uma certa extensão do que depois pode ser substituído, assim como funciona a mente humana. A máquina pode ser submetida a um processo de aprendizado, onde ela não produz 100% de certeza em um resultado. Esse método tem a vantagem de não precisar guardar tudo o que já foi visto, com a desvantagem de testar o mesmo mais de uma vez, mas isso não é tão importante se considerarmos a existência de várias soluções possíveis. É um processo analogicamente usado pela evolução, pois o sistemático não é viável. Afinal, nem na natureza, novos indivíduos são incapazes de guardar todas as possibilidades de combinação genética herdadas dos pais.

## QUALIFICANDO A COMPLEXIDADE

As medidas da complexidade, como ciência, podem servir de apoio para questões relacionadas à qualificação da complexidade em termos poéticos, mas são demasiadamente frágeis perante as discussões filosóficas pertencentes ao campo da estética e do sensível. Por outro lado, as ciências nos oferecem uma pista interessante para a discussão, como por exemplo, o simples tamanho do genoma<sup>24</sup> que em nada se refere à complexidade dos sistemas vivos. McCormack,<sup>25</sup> em sua descrição do trabalho “Codeform”, apresenta exatamente essa discussão

---

23 Os computadores atuais são exponencialmente ainda mais potentes do que os imaginados por Alan Turing.

24 Humanos têm 250 vezes mais pares de genoma que a levedura, e a amoeba tem 255 vezes a mais quantidade de pares de genomas que humanos, assim como a mostarda.

25 MCCORMACK. Codeform: a Balancing Act Between Variation and Utility in Evolutionary Art, p. 259.

para a arte evolutiva e afirma que existe sempre uma dificuldade em conseguir um equilíbrio adequado entre o tamanho do genótipo e seu poder expressivo ou sua gama de possibilidades estéticas. Em termos básicos, o artista busca um sistema que possa expressar fenótipos que são úteis e diversos: úteis no sentido em que satisfazem alguns critérios criativos ou artísticos e diversificado no sentido de que eles apresentam fenótipos distintos, evitando assim o aparecimento de um grande número de fenótipos não expressivos ou altamente semelhantes. O artista descreve que um genótipo pequeno facilitou a localização de fenótipos desejados, mas sacrificou a diversidade. Por outro lado, genótipos muito grandes aumentam a diversidade, mas não podem ser facilmente calculados e, portanto, não são úteis. Essa discussão estética aponta claramente para as bases científicas da complexidade, pois a complexidade inclui anos de codificação de genes úteis para a sobrevivência. As entidades mais complexas não estão nas mais ordenadas ou mais aleatórias, mas em um meio termo entre elas. Portanto, assim como a medida do genoma não é uma medida para a complexidade, seja no campo das artes ou da ciência, a quantidade de linhas de código<sup>26</sup> para o desenvolvimento de um sistema também não o é, pois o conteúdo informacional algorítmico aponta para um conteúdo informacional maior em estruturas mais randômicas.

39

Alguns autores trabalham com o conceito de complexidade efetiva, que poderia ser medida a partir das regularidades de um sistema. Neste caso, entidades com estruturas muito previsíveis têm pouca complexidade efetiva. Apesar de ser interessante, a complexidade efetiva é difícil de medir e é bastante dependente da subjetividade das definições do problema (o conjunto das regularidades). Contudo, o

---

26 Andrey Kolmogorov, Gregory Chaitin e Ray Solomonoff, propuseram que a complexidade de um objeto ou processo é do tamanho do menor código de programação que possa gerar uma completa descrição do objeto ou processo.

artista e pesquisador Tiago Silva<sup>27</sup> usou a medida da complexidade efetiva para avaliar seu trabalho intitulado *Morfogênese* e defende que “sem uma proposta de organização em termos de complexidade efetiva por parte do artista, as vidas artificiais e as camadas emergentes se tornam altamente improváveis”.<sup>28</sup> A complexidade efetiva, assim como outras medidas da complexidade, possui uma forte relação com a medida daquilo que foi computado e se relaciona a partir do modelo computacional e das expectativas desse modelo. Outros modelos de medida estética da emergência são propostos por Cariani<sup>29</sup> e Laurentiz.<sup>30</sup> Cariani propôs dois modelos para a medição que permitiriam a percepção de uma emergência combinatória e outra criativa, no qual o primeiro se relaciona a um sistema fechado sem ampliação do espaço combinatório, e o segundo ampliaria esse espaço, ou seja, o modelo de complexidade por diversidade. Laurentiz, por sua vez, coloca as expectativas estéticas de um sistema complexo a partir do ponto de vista do espectador, o que retorna a medição às expectativas de um modelo pré-existente ao sistema.

Por fim, existe também o modelo de medida da complexidade por dimensão fractal, que ao contrário das anteriores não se baseia nas teorias informacionais e da computação. Este modelo propõe a qualificação de uma cascata de detalhes de um determinado objeto, algo como se fosse as inúmeras descrições de cada complexidade percebida e sua relação com o todo. A dimensão fractal quantifica o quanto de detalhe aparece em todas as escalas, enquanto mergulha cada vez mais fundo na infinita cascata de autossimilaridade. Herbert Simon<sup>31</sup> propõe, em 1962, a Arquitetura da Complexidade, ba-

---

27 SILVA. *Morfogênese*: sistema autopoietico emergente de vida artificial.

28 SILVA. *Morfogênese*: sistema autopoietico emergente de vida artificial, p. 38.

29 CARIANI. Emergência e criatividade.

30 LAURENTIZ. Emergência e estética.

31 SIMON *apud* MITCHELL. *Complexity*: a Guided Tour, p. 109.

seada nessa percepção do fractal. Ele afirma que a complexidade de um sistema pode ser medida em termos de seu grau de hierarquia, no qual os sistemas mais complexos são compostos de subsistemas que, por sua vez, possuem seus próprios subsistemas, e que os atributos mais importantes dos sistemas complexos são exatamente a hierarquia e a quase decomponibilidade.

## POÉTICAS DA COMPLEXIDADE

41

Antes de estabelecer um conceito para as Poéticas da Complexidade, é relevante que se destaquem algumas formas de expressão estética que representam, de certa forma, um desvio do escopo proposto neste artigo teórico. Tais exemplos fazem referência à complexidade, porém cada um apresenta uma insuficiência específica segundo os argumentos até então estabelecidos. O primeiro exemplo são os modelos gráficos de descrição e visualização dos sistemas complexos. Esses modelos sensibilizam o indivíduo a uma forma registrada de um determinado sistema em um certo espaço de tempo. Contudo, somente a visualização da forma, apesar de alusiva, carece de uma série de indicações e informações para despertar no observador a identificação de como as ações individuais das várias partes que compõem esse sistema foram significativas para o padrão emergente observado. Existe em tais imagens uma carência sobre a perspectiva do indivíduo e de suas ações. A sensibilidade desses modelos destaca primordialmente o todo, deixando em segundo plano as partes que compõem esse todo. O segundo exemplo são as visualizações de complexidades produzidas em alguns trabalhos de artistas contemporâneos não tecnológicos, que mapeiam as relações sociais entre os indivíduos e apontam para as complexidades emergentes, assim como para as diversidades que as compõem. Ao trabalhar com sistemas sociais, um artista estará necessariamente discutindo complexidade, pois discute sistemas que são humanamente reconhecíveis como complexos. Entretanto, para o

desenvolvimento da sensibilidade que estamos propondo, a recriação de um único agente humano para discutir o sistema social, o artista, levaria demasiadamente tempo de pesquisa e documentação para que se pudesse argumentar alguma qualificação sobre a complexidade. Por fim, uma vertente bastante comum às poéticas tecnológicas é a interseção entre os sistemas computacionais e os sistemas biológicos. Muitos artistas trabalham na construção e desenvolvimento de estruturas tecnológicas que envolvem a troca de informação entre o sistema biológico, seja ele em forma de bactérias, plantas ou mesmo agentes humanos e os sistemas computacionais capazes de processar grandes volumes das informações obtidas. Apesar de serem sistemas artificiais tecnológicos, e às vezes descentralizados, no que diz respeito ao sistema computacional, algumas propostas deixam de lado o aprendizado ou a evolução necessários à complexidade. Portanto, são propostas nas quais, de uma certa forma, o sistema computacional estará submetido a um grau de complexidade externo a ele e não há um equilíbrio de trocas,<sup>32</sup> pois o sistema computacional é incapaz de aprender, conforme o modelo teórico estabelecido por Turing,<sup>33</sup> ou de evoluir. Para uma proposta de Poéticas da Complexidade a simulação evolutiva, ou a evolução propriamente dita com o uso da biotecnologia, ou a inteligência artificial, é basilar como intenção poética.

Estabelecemos assim a poética da complexidade como recursos estilísticos capazes de despertar emoções e sensibilidades para a concepção do complexo, das interações autônomas entre todas as partes e da emergência dessas interações. Assim, como não há uma definição objetiva na qualificação da complexidade, também não há uma legitimação de um trabalho artístico como mais ou menos complexo, mas os traços da complexidade desejados seguem o próprio desenvol-

---

32 BERGAMO; MARINHO. Tecnologia e delicadeza: estratégias da simplicidade cotidiana na geração de resultados estéticos complexos.

33 TURING. *Computing Machinery and Intelligence*, p. 454.

vimento científico do conceito. Três perguntas precisam ser sempre elaboradas: Há no trabalho um grau de autonomia entre as estruturas que compõem o trabalho? Há troca de informações que alteram a ordenação do sistema? As partes são capazes de aprender ou evoluir?

No caso de sistemas criados para as Poéticas da Complexidade, fica evidente que as máquinas programáveis são fundamentais, pois são os recursos que dispomos como artistas e que são capazes de simular sistemas que trocam informações e fazem a computação dos dados obtidos, e essas máquinas precisam de autonomia.<sup>34</sup> Sistemas sociais e biológicos são autônomos de forma natural, máquinas precisam ser codificadas para que exerçam essas funções, mas é com estas máquinas que podemos recriar simulações da complexidade. Por fim, cabe ressaltar também que, no desenvolvimento dessas simulações, não é a validação científica que constitui as bases da Poética da Complexidade, e sim a tensão entre a simulação dos modelos construídos pela ciência e suas controversas percepções do real em relação à sensibilidade do artista, assim como foi exemplificado no trabalho *Evolução Biológica*, no início do artigo. As aplicações dos modelos científicos na criação e simulação de sistemas tecnológicos são como observar e desenhar. Sempre existe o traço no trabalho do artista, porém na Poética da Complexidade a criação parte de um modelo fundamentalmente incapaz de ser percebido somente pela visão e capacidade intelectual humana. O modelo, nesse caso, é uma associação entre o visível e o não visível, entre a criação e as criaturas.

43

## REFERÊNCIAS

- BERGAMO, M. L. Agente H+: autonomia e agência humana em interação computacional. *Brazilian Journal of Technology, Communication, and Cognitive Science*, São Bernardo do Campo, p. 2-13, 30 ago. 2014.
- BERGAMO, M. L.; MARINHO, F. C. C. Tecnologia e delicadeza: estratégias da simpli-

---

34 BERGAMO. Agente H+: autonomia e agência humana em interação computacional.

- cidade cotidiana na geração de resultados estéticos complexos. In: ROCHA, Cleomar; VENTURELLI, Suzete (org.). *Mutações, confluências e experimentações na Arte e Tecnologia*. Brasília: PPG-ARTE/UNB, 2016, v. 1, p. 141-153.
- BERGAMO, M. L.; MARINHO, F. C. C. Do elemento autônomo à composição autônoma. *Texto Digital*, Santa Catarina, v. 9, n. 1, p. 227-247, jan./jul. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/textodigital/article/view/1807-9288.2013v9n1p227>. Acesso em: 15 mar. 2020.
- CARIANI, P. Emergência e criatividade. Em EMOÇÃO ART.FICIAL 4.0: emergência. Catálogo do evento. São Paulo: Itaú Cultural, 2009. Exposição realizada no período de 2 jul. a 14 set. 2008. p. 20-41.
- HOFSTADTER, D. *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid. A Metaphorical Gague on Minds and Machines in the spirit of Lewis Carroll*. New York: Basic Books, 1992.
- LAURENTIZ, S. Emergência e estética. Em EMOÇÃO ART.FICIAL 4.0: emergência. Catálogo do evento. São Paulo: Itaú Cultural, 2009. Exposição realizada no período de 2 jul. a 14 set. 2008. p. 162-185.
- MCCORMACK, J. Codeform: a Balancing Act Between Variation and Utility in Evolutionary Art, *Leonardo*, v. 49, n. 3, p. 257-261, 2016. MIT Press.
- MCCORMACK, J. et al. Ten Questions Concerning Generative Computer Art, *Leonardo*, Cidade, v. 47, n. 2, p. 135-141, 2014. MIT Press.
- MITCHELL, M. *Complexity: a Guided Tour*. Nova Iorque: Oxford University Press, Inc. 2009.
- TURING, A. M. Computing Machinery and Intelligence. *Mind, New Series*, v. 59, n. 236, p. 433-460, oct. 1950. Oxford University Press.
- SILVA, Tiago Barros Pontes e. *Morfogênese: sistema autopoietico emergente de vida artificial*. 2014. 293 f., il. Tese (Doutorado em Artes) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.