

# CRIATIVIDADE, ALEATORIEDADE E COMPLEXIDADE: A MATEMÁTICA NA VIDA

Virginia M. Fontes Gonçalves Chaitin  
ISCV, Chile  
[virginia.mfgc@gmail.com](mailto:virginia.mfgc@gmail.com)

Ricardo Silva Kubrusly  
Professor do HCTE/ UFRJ  
[riskuby@gmail.com](mailto:riskuby@gmail.com)

O que se pode entender quando Chaitin afirma que “a metabiologia é uma área paralela à biologia e que lida com a evolução aleatória de software artificial - algoritmos ou programas de computador - ao invés de software natural (ADN).” ? (CHAITIN, G. J., 2009)

Explicitamente transdisciplinar, a metabiologia assim proposta desdobra a já amplamente divulgada analogia entre o ADN e uma linguagem de software, recontextualizando e articulando uma rede de conceitos oriundos da biologia e da teoria algorítmica da informação (TAI) na metabiologia para falar de criatividade e vida.

Sobre a migração de redes conceituais da biologia e da TAI para a metabiologia, empregaremos o olhar da *migração mimética de conceitos* (CHAITIN, V.M.F.G., 2009) porque este olhar tem sua atenção especialmente voltada para o processo de resignificação envolvido numa migração conceitual. Este processo não se resume a uma simples transposição de um dado conceito de uma para outra área, ou seja, o conceito migrado *não é isomorfo* ao conceito original e tampouco está isento de interações com as vizinhanças conceituais nas duas pontas da migração. Assim sendo, o acompanhamento de uma migração conceitual enquanto uma *migração mimética* parte das analogias iniciais, que geralmente envolvem uma pequena quantidade de conceitos (neste caso ADN e software), e continua acompanhando o *processo de migração* que se estende às vizinhanças dos conceitos envolvidos nas analogias iniciais.

Neste enfoque à migração de conceitos, dizemos que há *fertilidade* numa dada *migração mimética* quando os conceitos vizinhos aos envolvidos nas analogias iniciais em cada área de origem também fazem sentido na nova rede mimetizada. Ainda outro nível de fertilidade da migração se manifesta quando a aplicação de métodos ou técnicas de uma das áreas envolvidas na migração gera resultados que também fazem sentido numa das outras áreas envolvidas na migração, ou ainda, numa outra área relacionada. É por este motivo que a migração mimética diz bastante respeito à pesquisa transdisciplinar, ajudando a explicitar a fertilização cruzada de idéias, conceitos, métodos e técnicas entre diferentes disciplinas.

E no caso específico da metabiologia? Por ser uma área de estudo recentemente imaginada e em movimento no presente, a metabiologia se apresenta muito interessante para o acompanhamento das analogias tanto dos processos de *migrações miméticas* que propõe explicitamente quanto dos que suscita indiretamente quando mescla um vocabulário da teoria da informação e da biologia, gerando um novo vocabulário metabiológico.

Explorando a fertilidade da analogia ADN-software, abre-se o caminho para pensarmos em outros desdobramentos, como, por exemplo: Em que a metabiologia pode

fertilizar a matemática, a teoria da computação, a epistemologia e especialmente a própria biologia? Especialmente, caberá o questionamento sobre a maneira em que os novos conceitos metabiológicos poderão trazer novas interpretações para o entendimento do que sejam a evolução, mutações aleatórias, seleção natural por competição e adaptação, e do que seja a vida concebida como resultado de mutações aleatórias sujeitas à seleção natural? Qual seria o papel da aleatoriedade e da criatividade nessa evolução? Haveria algum impacto na caracterização do *homo sapiens* no contexto conceitual metabiológico se o compararmos com o contexto conceitual biológico darwinista? Vejamos, então, o que diz a metabiologia.

A motivação da metabiologia tem sabor pitagórico, uma vez que resulta da convicção de que a matemática é a linguagem do universo e, portanto, de que a linguagem matemática também pode dizer a vida. Seguindo este raciocínio, se a teoria da evolução de Darwin for mesmo a teoria da vida, deve haver uma prova matemática que a confirme, pelo menos em seus princípios mais gerais. O objetivo da metabiologia, portanto, não é de modelar ou simular sistemas vivos e sim de expressar e provar matematicamente os princípios de sua evolução. E qual seria a formulação dos princípios teóricos mais gerais da biologia que a metabiologia retrata matematicamente? A evolução da vida – a criatividade biológica – ocorre por *mutações aleatórias* frente a um *desafio*.

Partindo dessa formulação simplificada mas que contém as mesmas bases da teoria da evolução biológica, a matemática a ser empregada nesse esforço precisa ser capaz de falar com total desembaraço da aleatoriedade, da criatividade e da complexidade que se expressa na imensa diversidade da biosfera, ou seja, uma linguagem matemática capaz de falar de um processo não teleológico e aberto. Em que sentido usamos a expressão “processo aberto”? Consideramos aberto um processo que não esteja submetido a um método geral pré-estabelecido, que não ocorra de forma mecânica sendo, portanto, não-computável. Por este motivo, a matemática da metabiologia terá que ser uma matemática que conviva bem com a ausência de um método geral e com a não-computabilidade.

A inexistência de um método geral para a condução de determinados processos ou para a obtenção de soluções para certos problemas já faz parte de pelo menos três áreas do conhecimento científico. Nas ciências empíricas, filósofos “contra o método” e a favor da “oportunistamente criatividade” como Paul Feyerabend (FEYERABEND, 1975 e 1993), chamaram a atenção para a inexistência de um método científico único, de um conjunto de regras fechado e pré-determinado para se fazer ciências e para distinguir as ciências de outras atividades humanas. Este resultado da filosofia da ciência tem sua expressão tanto na matemática, na forma do Teorema de Gödel quanto na teoria da computação, na forma do Problema da Parada de Turing (CHAITIN, G. J., 2009b). Do primeiro caso, a inexistência de método para gerar as verdades científicas se mimetiza na impossibilidade de gerar todas as verdades de um sistema axiomático formal empregando somente os seus axiomas e regras de inferência, ou seja, na sua incompletude. Do segundo caso, a incompletude se traduz na inexistência de um algoritmo que verifique se um dado programa vai ou não terminar a sua execução em tempo finito. Para resumir, não há uma forma mecânica para se obter os seguintes tipos de resultados: conhecimento científico, todas as verdades de um sistema axiomático formal e a resposta para a pergunta se um dado programa vai gerar uma saída em tempo finito ou não.

Nesses três casos, é necessário acrescentar algo externo, criar para além dos princípios, regras ou procedimentos que aparentemente definem cada um dos três contextos. E isto se repete também na metabiologia, que caracteriza a sua não-computabilidade pelo uso de um oráculo para o Problema da Parada no caminho da prova matemática que a evolução por mutações aleatórias sujeitas a um desafio efetivamente ocorre no contexto metabiológico. Falemos agora um pouco mais desse contexto.

Como já dissemos, a vida metabiológica não é a mesma vida biológica; um conceito migrado mimeticamente não é isomorfo ao conceito inicial e se transforma, se *mimetiza* quando da sua resignificação no novo contexto. Entre outras inúmeras diferenças entre biologia e metabiologia, destacamos que a ênfase na teoria de Darwin tornou-se a *competição* entre os organismos, o desafio à sobrevivência que privilegia a mutação mais forte, mais capaz, levando a uma reificação da idéia da “sobrevivência por competição e adaptação” que, por sua vez, se desdobra no conceito de “gene egoísta” (DAWKINS, 1976) e na empobrecida auto-imagem do ser humano como vencedor ou perdedor nessa competição (MIDGELEY, 2001). Na metabiologia, a ênfase está no desafio da criatividade exigida para a solução do problema não-computável de nomear números cada vez maiores. Sem direcionamento prévio, os métodos da TAI acabaram por gerar seres metabiológicos que possuem um traço inesperadamente humano: a contínua busca de superação dos limites de seus conhecimentos.

Como mencionamos acima, aqui vemos uma possibilidade de fertilização de outras áreas pela metabiologia. Imaginaemos uma alternativa ao darwinismo social, a “metabiologia social”, onde a pulsão principal do ser metabiológico não é de uma sobrevivência do mais apto para transmissão de seus genes à próxima geração mas de uma sobrevivência do mais criativo, uma sobrevivência em busca de transcendência pela superação do conhecimento matemático alcançado pela geração anterior.<sup>1</sup>

Para chegar a essa caracterização do ser metabiológico, partiremos de um raio conciso das *mímeses* que tecem a metabiologia nas vizinhanças conceituais em torno da analogia ADN-software, apresentados na seguinte tabela:

**Tabela 1 – Vizinhanças conceituais da analogia ADN-software**

<b>Biologia</b>	<b>Teoria Algorítmica da Informação</b>	<b>Metabiologia</b>
bases AGTC	alfabetos das línguas de programação	alfabeto de 2 caracteres: 0's e 1's
DNA-RNA: software natural	software artificial	software metabiológico
organismo vivo é o que resulta dos processos biológicos a partir do DNA-RNA	saída do algoritmo é o que resulta da sua execução	organismo metabiológico é o próprio algoritmo
população: diversos organismos por geração		população: 1 organismo-algoritmo por geração
medidas de aptidão: dadas pela competição e adaptação dos organismos		medida de aptidão: dada pelo tamanho do número inteiro calculado pelo organismo-algoritmo
desafio: sobreviver por competição e adaptação ao meio ambiente variável e passar seus genes à próxima geração		desafio: sobreviver por nomear um número maior que o nomeado pela mutação (geração) anterior
sobrevivência que gera organismos mais capazes que seus competidores e melhor adaptados ao meio ambiente		sobrevivência que gera organismos com um conhecimento matemático novo, cuja obtenção não pode ser realizada por um método geral
criatividade biológica: processo que gera novos genes e novos tipos de organismos mais complexos, aptos e adaptados		criatividade metabiológica: processo que gera organismos-algoritmos com aptidão crescente de modo mais rápido que qualquer função computável
teoria empírica		teoremas demonstrados

Como se pode ver, o organismo-algoritmo metabiológico é solitário; existe apenas um por cada geração. Este organismo é gerado aleatoriamente e sua medida de aptidão é um número que corresponde à sua saída, enquanto programa que é. A próxima geração surge por uma mutação aleatória e a saída deste novo organismo-algoritmo mutante será comparada com a saída do anterior. Se for maior, o organismo-algoritmo mutante é um organismo válido e seu programa será submetido a uma nova mutação para gerar a próxima geração. Caso contrário, o organismo-algoritmo mutante será descartado e vai ser gerada uma nova mutação até que esta calcule um número maior que o organismo-algoritmo da geração anterior. Desta forma, a seqüência de mutações resulta numa evolução cumulativa, tal como na biologia, porém não há estagnação do processo evolutivo por adaptação ao meio-ambiente, pois os organismos metabiológicos não almejam adaptação e o meio-ambiente matemático contém o desafio constante de nomear concisamente números inteiros cada vez maiores.

Este desafio pode parecer simples e totalmente desvinculado da vida biológica. Contudo, trata-se de um problema cujas soluções não são deriváveis mecanicamente, tal como parece ser o desafio de sobreviver por competição e adaptação ao meio-ambiente e suas variações imprevisíveis ou incontroláveis. Surpreendentemente, a não-computabilidade e a exigência de criatividade ilimitada vinculam a matemática à vida.

Note-se que o foco da metabiologia está menos na compreensão dos detalhes do funcionamento biológico e mais na verificação e busca de prova se o processo de geração de mutações aleatórias em seqüências genéticas, ou nos organismos-algoritmos, resulta numa *evolução criativa* movida pelo incremento de aptidão. Neste contexto, um processo é criativo quando a velocidade com que sua aptidão cresce é mais alta do que a de qualquer função computável que obteria os mesmos resultados.

Embora estejam fora do escopo deste trabalho os detalhes mais técnicos da vida metabiológica<sup>ii</sup> os últimos teoremas demonstrados nesse novo campo de pesquisa permitem a comparação das velocidades de evolução em três configurações metabiológicas distintas:

- a. Desenho inteligente: escolha deliberada e otimizada das mutações
- b. Evolução por busca exaustiva
- c. Evolução por mutações aleatórias cumulativas sujeitas a um desafio

A quantidade de mutações necessárias para se obter um dado nível de criatividade nos três casos cresce: linearmente (a), exponencialmente (b) e quadraticamente (c). Que as mutações aleatórias cumulativas sujeitas a um desafio (c) estejam mais próximas ao desenho inteligente (a) que à busca exaustiva (b) é um resultado matemático surpreendente e fundamental porque indica que este processo de evolução (c) é efetivamente criativo.

A prova matemática de que mutações aleatórias submetidas a condições específicas de dificuldade crescente comprovadamente evoluem em sua medida de aptidão e com velocidade maior que qualquer função computável, ou seja, exibindo criatividade, sugere que talvez possa realmente haver um fundamento matemático para a teoria da evolução de Darwin. Mais que isso, sugere também que a vida talvez seja mesmo um caminho aberto no sentido de nunca acabado e imprevisível, impregnado de aleatório, complexo e criativo.

---

<sup>i</sup> As idéias de “pulsão de sobrevivência” e “pulsão de transcendência” têm como referência a palestra proferida pelo Professor Dr. Ubiratan D’Ambrósio (USP) neste Scientiarum III, no dia 15/10/2010.

<sup>ii</sup> Para uma explanação técnica completa da metabiologia, por gentileza referir-se a: [www.umcs.maine.edu/~chaitin/darwin.pdf](http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/darwin.pdf)

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAITIN, G. J., *Evolution of mutating software*, Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science, v. 97, feb/2009, pp. 157-164.

\_\_\_\_\_, *MetaMat!: em busca do ômega*, São Paulo: Perspectiva, 2009b

\_\_\_\_\_, [www.umcs.maine.edu/~chaitin/lafalda.pdf](http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/lafalda.pdf), postado em 2010

\_\_\_\_\_, [www.umcs.maine.edu/~chaitin/darwin.pdf](http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/darwin.pdf), postado em 2010

CHAITIN, V. M. F. G., *Redes conceituais em mimesis na história das idéias: uma proposta de epistemologia pluralista*, Tese, Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, 179p., Rio de Janeiro, UFRJ, 2009

DAWKINS, R., *The Selfish Gene*, New York City: Oxford University Press, 1976

FEYERABEND, P. K., *Against Method*, London, UK: New Left Books, 1975

\_\_\_\_\_, *Against Method*, 3a. ed., London, UK: Verso, 1993

MIDGELEY, M., *Science and Poetry*, London and New York: Routledge, 2001