

Vida Artificial e seu correlato biológico: algumas possibilidades e limitações

Luís Junqueira *

Resumo: Desde que os cientistas envolvidos com a concepção de inspiração biológica conhecida por Vida Artificial anunciaram que programas de computador poderiam exibir sinais de vida, à semelhança dos organismos vivos, alguns biólogos passaram a discorrer sobre a impossibilidade de tais softwares serem dotados de vida em sentido estrito dos organismos biológicos. O filósofo Marc Lange, no entanto, não vê razão para tal impossibilidade e recorre ao conceito de vitalidade para auxiliá-lo em seus argumentos. Neste artigo apresentaremos o conceito de Vida Artificial, os critérios de identificação dos sinais de vida, uma discussão sobre a abordagem defendida por Lange e as limitações e possibilidades de aplicação dessa nova concepção.

Palavras-chave: Vida Artificial; sinais de vida; Filosofia da Biologia

Artificial Life and its biological correlate: some possibilities and limitations

Abstract: Since scientists involved with the bioinspired conception known as Artificial Life announced that computer programs could show signs of life, like living organisms, some biologists began to talk about the impossibility of such software being endowed with life in the strict sense of biological organisms. The philosopher Marc Lange, however, sees no reason for such impossibility and uses the concept of vitality to assist in their arguments. In this paper we present the concept of artificial life, the criteria for identifying signs of life, a discussion of the approach advocated by Lange and the limitations and possibilities of application of this new conception.

Key-words: Artificial Life; signs of life; Philosophy of Biology

* Programa Integrado em Engenharia Biomédica e Núcleo de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de Mogi das Cruzes. Rua Dr. Cândido Xavier de Almeida Souza, 200, Centro Cívico, Mogi das Cruzes, São Paulo, CEP 08780-911. E-mail: junqueira.umc@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Foi em Los Alamos, Estados Unidos, que Christopher Langton organizou o primeiro workshop sobre síntese e simulação de sistemas vivos, do qual participaram cerca de 160 cientistas de diversas especialidades, incluindo físicos, biólogos, antropólogos e cientistas da computação. O pesquisador justificou a organização do workshop em função de sua própria dificuldade na busca de literatura sobre simulação e modelagem computacional de sistemas biológicos. Realizado em 1987, durante cinco dias, o workshop proporcionou apresentações sobre temas que discutiam modelos matemáticos da origem da vida, programas computacionais que utilizavam mecanismos de evolução darwiniana, modelos analíticos de sistemas vivos, ecossistemas simulados em computador e autômatos auto-replicantes. Desse rico encontro multidisciplinar surgiu um novo campo de pesquisas, designado de Vida Artificial. Na publicação da compilação dos resultados do workshop, Langton assim definiu o termo Vida Artificial¹:

Vida Artificial é o estudo de sistemas criados pelo homem, que exibem comportamentos característicos dos sistemas vivos naturais. Complementa as ciências biológicas tradicionais, preocupadas com a *análise* de organismos vivos, pela tentativa de *sintetizar* comportamentos tipo-vida dentro de computadores e outros meios artificiais. Por estender o fundamento empírico sobre o qual a biologia está baseada *para além* da vida de cadeias-de-carbono que envolveu a Terra, a Vida Artificial pode contribuir com a biologia teórica situando a *vida-como-nós-a-conhecemos* dentro do quadro maior da *vida-como-ela-poderia-ser*. (Langton, 1989, p. 1)

Uma primeira indagação que surge é sobre qual seria o significado de a *vida-como-ela-poderia-ser*. Nesse mesmo texto, Langton diz que a biologia seria o estudo científico da vida, de qualquer tipo, mas que na prática ela se restringe ao estudo da vida baseada na química de cadeias de carbono. Isso traria a dificuldade de se conseguir deduzir uma teoria geral a partir de casos particulares. Na Vida Artificial essa restrição não existe, pois se considera que a vida pode habitar outras bases materiais, além daquelas baseadas em carbono, uma vez que os

¹ É comum o uso da abreviação ALife (*Artificial Life*) nas publicações da área.

processos dinâmicos que constituem a vida devem compartilhar características universais que permitam identificar a sua presença, independente do substrato material em que se encontra. Nessa abordagem, a vida é vista como a propriedade de organização da matéria ao invés de a propriedade da matéria na qual está organizada. Assim, um conjunto de partes artificiais corretamente organizadas pode exibir o mesmo comportamento dinâmico de sistemas naturais, permitindo que se observe a *vida-como-ela-poderia-ser*.

A Vida Artificial pode assim ser entendida como um campo de estudos que procura recriar os princípios dinâmicos dos sistemas biológicos em meios artificiais, sendo o computador um desses meios. Ao invés da abordagem analítica normalmente utilizada em biologia, na qual se procura dividir sistemas complexos em partes menores para realizar a análise, a Vida Artificial utiliza a abordagem sintética, na qual se procura compor o sistema a partir da união (síntese) de suas partes menores. Continuando seu pensamento, Langton considera o computador como a ferramenta ideal para o estudo sintético da vida e elenca as principais características de um ambiente criado para tal estudo (Langton, 1989, pp. 3-4):

- Constituído por populações ou grupos de programas simples.
- Não existe um programa único que conduza os demais programas.
- Cada programa detalha o modo como uma entidade simples reage às situações em seu ambiente.
- Não existem regras no sistema que imponham um comportamento global.
- Qualquer comportamento em níveis mais altos daqueles dos programas individuais é considerado emergente.

Para exemplificar essas características, Langton então cita a experiência de Craig Reynolds de simulação do comportamento de bandos de pássaros. Ao observarmos a revoada de pássaros em grupo, é possível verificar que eles mantêm certas características em comum, como o fato de voarem próximos entre si, sem se chocarem, e do bando todo mudar de direção a partir do movimento sincronizado dos indivíduos. Reynolds (1987) procurou simular esse comportamento em computador, definindo então três regras para as suas criaturas individuais, chamadas de *Boids*: (1) eles deveriam manter uma distân-

cia mínima de outros objetos no ambiente, incluindo os outros *Boids*; (2) deveriam manter a mesma velocidade dos *Boids* ao seu redor; e (3) deveriam mover-se em direção à maior concentração de *Boids*. Como resultado do programa de simulação, ele observou comportamentos de bandos de *Boids* muito parecidos com aqueles dos bandos de pássaros reais. Além disso, ele observou alguns comportamentos resultantes da interação entre os *Boids* seguindo àquelas três regras, como o caso de um bando que, frente a uma torre existente em seu trajeto, se dividiu em dois outros grupos, voltando a se reagrupar após transpor o obstáculo. Dessa forma, o comportamento global de um conjunto de *Boids* é um fenômeno emergente, no qual nenhuma das regras individuais de comportamento dos *Boids* depende do comportamento global observado, ou seja, não existe uma regra global que conduza o comportamento individual. Em geral, comportamentos emergentes surgem como um resultado da auto-organização do sistema (Junqueira, 2011, p. 33).

Em seus comentários, Langton (1989) ressalta que o sistema de Reynolds não pretende reproduzir as características de pássaros reais, e que os *Boids* nem remotamente assemelham-se aos pássaros, mas que o comportamento de um bando de *Boids*, esse sim, é o mesmo comportamento de um bando de pássaros. Ou seja, o comportamento de bando independe das características físicas dos indivíduos que o compõe. Cardumes de peixes ou manadas de búfalos apresentam comportamento semelhante ao de bandos de pássaros e, para Langton, o comportamento de um bando de *Boids* representa o mesmo comportamento de bandos reais, constituindo, portanto, um exemplo equivalente ao do comportamento de um bando de organismos biológicos criado em um sistema artificial.

A partir desse encontro seminal, o campo de pesquisas em Vida Artificial se expandiu e diversos outros estudos e experimentos foram realizados. Um deles, criado pelo biólogo e ecologista Thomas Ray, é o mundo virtual chamado *Tierra* (Ray, 1991). Trata-se, em princípio, da simulação computacional de um ecossistema virtual povoado por agentes que possuem a capacidade de evoluir a partir da interação entre si e também com o ambiente no qual se encontram. O biólogo modelou seu sistema virtual inspirado no período Cambriano de evolução da Terra, no qual existiam alguns organismos simples capazes

de se auto-reproduzirem. Ele introduziu em seu sistema um único organismo auto-replicante e permitiu que o ambiente evoluísse a partir dele. Ray observou como resultado dessa simulação o surgimento de um ecossistema inteiro, composto de organismos de diversos tamanhos e de diferentes parasitas, cada qual competindo pelos recursos disponíveis em seu ambiente. Ray considerou esse ecossistema como verdadeiramente vivo. E, em 1995, ele escreveu:

Eu gostaria de sugerir que a criação de software em ALife pode ser dividida em dois tipos: simulações e instanciação de processos de vida. Nas simulações, estruturas de dados são criadas contendo variáveis que representam os estados das entidades sendo modeladas. Na instanciação, os dados no computador não representam nenhuma outra coisa. Os padrões de dados numa instanciação são considerados formas vivas, em sua própria maneira, e não modelos de qualquer forma natural de vida. (Ray, 1995, p. 180)

A partir desses trabalhos iniciais, a área então se subdividiu em duas vertentes: a primeira chamada de Vida Artificial forte, na qual programas de computadores, ambientes de simulação, robôs e outros dispositivos são considerados entidades verdadeiramente vivas, e a segunda, chamada de Vida Artificial fraca, que considera tais recursos apenas como ferramentas para a investigação e o estudo das características de sistemas biológicos. As afirmações dos pesquisadores da primeira vertente suscitaram uma série de discussões por parte de biólogos e filósofos, com severas críticas à concepção de que softwares, computadores e outros artefatos pudessem ser considerados vivos. O debate cresceu e passou a ocupar também a agenda de outros pesquisadores, como físicos, engenheiros e cientistas da computação. O filósofo Daniel Dennett, por exemplo, destacou a importância dessa nova área para a filosofia:

Existem dois caminhos para os filósofos seguirem em seus encontros com a Vida Artificial: eles podem considerá-la como um novo jeito de fazer filosofia ou simplesmente como um novo objeto merecedor de atenção filosófica, utilizando os métodos tradicionais. Em cada caso há algo diferente a ser feito, mas eu recomendo aos filósofos darem um salto e considerarem o primeiro como o mais importante e promissor. (Dennett, 1995, p. 291)

2 SINAIS DE VIDA

O que é necessário para que uma entidade seja considerada viva? Marc Lange (1996) considera que esta questão tem sido negligenciada e está ausente dos principais textos de Filosofia da Biologia, citando como exemplo o trabalho de Elliot Sober (1993). Porém, esta questão se tornou importante para aqueles cientistas envolvidos com a Vida Artificial forte. Eles acreditam que é possível criar e estudar organismos digitais, cada qual constituído de códigos de programação, ou softwares, vivendo na memória do computador. Estes programas podem executar cópias de seus códigos, acrescidos de novos elementos, permitindo a ocorrência de variação e seleção. Organismos digitais podem competir pelo acesso aos limitados recursos de memória e de processamento computacional, e a evolução permitirá gerar programas mais eficientes no uso daqueles recursos. Mas qualquer argumento de que certos trechos de softwares executados em computadores estão verdadeiramente vivos, de maneira similar aos organismos biológicos, pressupõe que alguma noção de vida exista e que seja adotada na biologia. Lange (1996) argumenta que, no entanto, parece não haver evidências de que exista qualquer função para a distinção entre vida e não-vida na biologia, dificultando a adoção de um critério comum entre áreas diversas para se definir se uma entidade está viva ou não.

Para Robert Rosen (1991), a necessidade de se explicar o que é vida surgiu com o desenvolvimento da Mecânica, quando Newton mostrou que o mistério das estrelas e planetas encontrava-se num conjunto de poucas regras simples, das quais a vida não fazia parte. Questionando-se sobre para quem deveríamos dirigir a tarefa de explicar o que é vida, Rosen sugere dirigi-la à própria Física, uma vez que seres vivos são compostos de matéria e, dessa forma, a matéria deveria conter o segredo da vida. Em 1944, o físico austríaco Erwin Schrödinger lançou mão da Física Estatística e dos conceitos de Termodinâmica em sua abordagem sobre o fenômeno da vida, tratando de temas como ordem em sistemas biológicos e mecanismo hereditário, antes mesmo da descoberta da estrutura do DNA², vaticinando o

² A estrutura do DNA (*deoxyribonucleic acid*) foi descrita por James Watson e Francis

que ainda estava por vir no campo da biologia (Schrödinger, 1997). Mas ainda assim, o conceito de vida permaneceu sem uma delimitação.

Uma alternativa poderia ser a de se tentar estabelecer o que é vida a partir das propriedades apresentadas pelos organismos vivos. O biólogo Ernest Mayr (Mayr, 1982, pp. 53-58) relaciona como tais propriedades as seguintes características:

- Complexidade e organização: sistemas vivos possuem organização adaptativa e de grande complexidade.
- Unicidade de composição química: organismos vivos são compostos por um conjunto quimicamente específico de macromoléculas.
- Natureza qualitativa: os fenômenos de importância em sistemas vivos são de natureza qualitativa, ao invés de quantitativa.
- Variabilidade e unicidade: os fenômenos biológicos caracterizam-se por alto grau de variabilidade de grupos formados por indivíduos únicos.
- Programação genética: todos os organismos possuem um programa genético, historicamente aperfeiçoado.
- Natureza histórica: organismos vivos possuem conexão histórica com descendentes.
- Seleção natural: organismos vivos são o resultado da seleção natural.
- Indeterminismo: Processos biológicos não permitem predição e determinismo.

Lange sumariza uma relação de sinais de vida que os biólogos normalmente consideram como atributos de organismos vivos, ainda que não queiram se comprometer com uma definição de vida propriamente dita, e que são: mover-se, possuir homeostase, metabolizar, crescer, reproduzir-se, responder ao ambiente e evoluir (Lange, 1996, p. 227).

Mas o filósofo diz que o problema dessas listas de atributos é que algumas coisas não-vivas possuem um ou mais desses atributos e que algumas entidades vivas não possuem todos os atributos. Tomando como exemplo o primeiro item da lista de Mayr (1982), o próprio autor reconhece que a complexidade não é uma diferença fundamen-

Crick na revista *Nature* em 1953.

tal entre entidades vivas e não-vivas, já que existem sistemas orgânicos muito simples, como no caso de algumas macromoléculas, e sistemas inorgânicos muito complexos, como no caso de uma galáxia. Lange (1996) apresenta os exemplos de que os planetas se movem e cristais podem crescer, sem serem coisas vivas, e que determinados tipos de animais não podem se reproduzir, como as mulas. Lange diz que frequentemente os biólogos não conseguem definir exaustivamente o que é vida, apesar do senso comum do termo ser bem conhecido. Para Mayr (1982) isso se deve ao fato de não existir uma substância ou força específica que possa ser identificada com a vida. Lange (1996) argumenta ainda que essa dificuldade dos biólogos possa estar relacionada com a dificuldade de se elaborar uma definição redutiva do termo, sem a qual qualquer outra definição poderia comprometê-los com o Vitalismo.

3 VITALISMO E VITALIDADE

O Vitalismo, ao lado do Mecanicismo e do Organicismo, constitui-se em uma das três principais visões filosóficas sobre a natureza da vida. Segundo Ernst Mayr, na biologia o enfoque adotado com maior frequência tem sido o Mecanicismo, baseado numa visão mecânica do universo, para o qual os organismos vivos seriam considerados máquinas que desempenham funções físico-químicas, e, portanto, poderiam ser explicados pelas leis da mecânica, da física e da química. Assim, todo fenômeno da vida poderia ser explicado por tais leis. Para o autor trata-se, em essência, de uma visão reducionista, sustentando o princípio de que os fenômenos biológicos podem ser reduzidos a determinadas leis já bem estabelecidas pelas ciências físicas e químicas. Justifica que a ciência, de um modo geral, adere à teoria do Mecanicismo pelo fato desta oferecer respostas satisfatórias a inúmeras perguntas, e por ser uma teoria fortemente estabelecida. Muito já se investiu nela, de maneira que suas raízes se tornaram profundas em nossa sociedade. Argumenta que para a biologia experimental talvez se constitua no único método eficaz disponível, pois é ele que tem permitido explicar o comportamento dos seres vivos, através do estudo de suas partes constituintes e de sua redução posterior às leis da física e da química. Em suma, o autor considera que os biólogos são totalmente materialistas, no sentido de que não reconhe-

cem quaisquer forças não-materiais, mas tão somente as forças físico-químicas (Mayr, 1982, pp. 51-53).

A visão Organicista, que é sustentada por nomes como os de Edward Stuart Russell (1887-1954) e de Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972), questiona duramente a visão mecanicista (Russel, 1916; Bertalanffy, 1975). Claus Emmeche destaca a posição não-mecanicista dessa abordagem, para a qual os sistemas vivos não podem ser descritas apenas pelas leis e princípios da mecânica, seja ela clássica ou quântica (Emmeche, 2004, p. 117). O Organicismo recusa também o princípio de que os fenômenos da natureza possam ser reduzidos exclusivamente às leis físico-químicas, uma vez que tais leis não conseguem explicar a totalidade do fenômeno da vida. Adicionalmente, reconhece a existência de sistemas organizados hierarquicamente, com propriedades que não podem ser entendidas através do estudo de suas partes isoladas, mas sim através de sua totalidade e da interdependência das partes. Conforme Mayr, os biólogos organicistas destacam o fato de que sistemas orgânicos são dotados de diversas características para as quais não existem equivalentes no mundo dos objetos inanimados (Mayr, 1982, p. 52).

Já o Vitalismo, expresso pela ideia da existência de um princípio vital que rege a vida, teve como representantes diversos médicos da Escola de Montpellier, como Paul Joseph Barthez (1734-1806) e Marie François Xavier Bichat (1771-1802), por exemplo (Martins, pp. 39-43, 1995). Mais recentemente, em termos históricos, um de seus principais expoentes foi o biólogo Hans Driesch (1867-1941). Driesch, que anteriormente era um defensor do mecanicismo, mudou de ideia e propôs que toda forma de vida possui um tipo de componente intrínseco e imprescindível, um atributo vital, não passível de ser medido, que a sustenta (Driesch, 1914, pp. 203-208). Mas, justamente pelo fato deste componente vital não ser passível de verificação direta, o Vitalismo foi alvo de severas críticas. Ernest Nagel, por exemplo, não poupou críticas à teoria do Vitalismo, uma vez que ela, a seu ver, não apresentava um guia confiável para a investigação biológica, sendo incapaz de fornecer previsões demonstráveis (Nagel, 1951, p. 327). De acordo com Mayr, por volta de 1930 os biólogos rejeitavam de forma praticamente universal o Vitalismo por duas razões principais: primeiro, por deixar o domínio da ciência, ao recorrer a um fator

causal incerto e desconhecido, e, segundo, por ter se tornado possível fornecer uma explicação físico-química dos fenômenos para os quais os vitalistas consideravam necessário o uso do vitalismo (Mayr, 1982, p. 52).

Mas Lange (1996) acredita que algum tipo de vitalidade seria útil para explicar os sinais de vida apresentados por uma entidade. Para ele, os biólogos não conseguem definir o que é vida na medida em que eles não conseguem definir o que não é vida (não-vida). Eles não conseguem reduzir a vitalidade como um conjunto de outras propriedades independentes e inteligíveis. Essa incapacidade, como sugere Lange, não significa que a tarefa de conceituar vida não desempenhe nenhum papel na biologia, argumentando que os filósofos da natureza classificavam a água como algo do tipo natural, e sabiam reconhecê-la muito antes de eles saberem sua composição química e, presumidamente, antes de existir qualquer propósito para uma definição reducionista da água. Além disso, continua Lange, uma das funções da própria biologia poderia ser justamente a de procurar entender a vitalidade; a propriedade de possuir e exibir sinais de vida.

Lange (1996) então sugere que uma distinção entre vida e não-vida poderia ser estabelecida em termos dos sinais de vida existentes, e que possam ser observados na entidade em estudo, decorrentes da sua vitalidade.

4 POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES

Elliot Sober considera que muitos dos processos e das propriedades biológicas envolvem relações entre os organismos e alguns elementos externos a eles, incluindo o ambiente e outros organismos (Sober, 1991, p. 759). Um animal reproduz quando dá cria, uma planta realiza fotossíntese quando recebe luz em condições adequadas, um predador come outros animais etc., constituindo assim sinais de vida daquele organismo. Apesar de que um programa de computador possa replicar certos aspectos de tais processos, ele não pode, de fato, realizar a fotossíntese tal como os organismos biológicos. Assim, para Sober, mesmo que um programa de computador apresentasse a mesma estrutura matemática de um dos sinais de vida, seria impossível que tal programa possuísse o conteúdo empírico da propriedade biológica equivalente (*Idem*).

Com relação a essa posição, Lange argumenta que um programa de computador pode se relacionar com várias entidades externas a si próprio (a memória, o processador, outros programas, etc.), que são isomórficas às várias relações que se estabelecem entre organismos biológicos e elementos externos (Lange, 1996, p. 230). É claro, lembra Lange, que certas relações exigem a coisa certa do lado externo. Beber água, por exemplo, pressupõe a existência de água, enquanto comer pressupõe a existência de comida. Embora comer e beber não sejam comumente incluídos nas relações de sinais de vida, são ações que pressupõem vitalidade, pois estão relacionadas com a sobrevivência dos organismos. Um trecho de software pode competir por recursos de máquina, como quantidade de memória, para garantir sua sobrevivência num ambiente de simulação de processos evolutivos. Os trechos melhores adaptados permanecem vivos, enquanto os demais são destruídos. Os primeiros mantiveram sua vitalidade e, ao invés de água e comida, os softwares se alimentaram de memória. Portanto, para Lange (1996), o importante não é apenas a relação com coisas externas, mas sim a relação com as coisas certas.

Os sinais de vida não são individualmente necessários ou conjuntamente suficientes para que alguma entidade possa ser considerada viva. E, por esta razão, Lange considera que o conceito de vitalidade se torna útil nessa abordagem, afirmando ter percebido que a utilização da expressão *está vivo* para explicar a razão pela qual certas entidades apresentam sinais de vida assemelha-se a utilizar a expressão *é de cobre* para explicar porque um objeto conduz eletricidade. Nenhuma das expressões descreve as propriedades do objeto, a sua estrutura interna ou as características que expliquem o fenômeno. Mas ambas as expressões eram consideradas explanatórias antes que informações relevantes sobre suas estruturas fossem conhecidas. Então, se de fato essas expressões puderem ser consideradas explanatórias, Lange sugere que a expressão *está vivo* pode ser útil para especificarmos quando uma entidade exhibe sinais de vida. Ele justifica sua sugestão pela ideia de que esse tipo de explanação nos informa que o fenômeno que se observa resulta inteiramente da natureza intrínseca do objeto ou entidade. Ele acredita ainda que alguns cientistas confiem na hipótese de que duas entidades vivas exibem seus sinais de vida por importantes razões similares. Em outras palavras, se um software ou um organis-

mo biológico estão vivos é porque possuem uma qualidade em comum, a vitalidade (Lange, 1996, pp. 236-237).

Howard Pattee considera ainda que além de exibir comportamento adaptativo, é necessário observar comportamento emergente para que se possa considerar vivo um conjunto de softwares implementados em computador (Pattee, 1989, p. 70). Ou seja, é necessário observar novas categorias de comportamento que não possam ser derivadas diretamente dos elementos individuais do sistema.

Do ponto de vista das possibilidades de aplicação, as pesquisas em Vida Artificial vêm se desenvolvendo em três abordagens distintas: implementações em software, hardware e wetware. A primeira delas, também conhecida como Vida Artificial Virtual, se restringe ao uso de computadores e softwares para o seu desenvolvimento. As implementações físicas (hardware) deram origem ao campo de pesquisas em Robótica Evolucionária, na qual robôs que possuem determinado genótipo realizam interações fenótipo-ambiente e passam por processos de seleção evolutiva (Junqueira e Toro, 2003a; 2003b). A última delas é aquela que aplica técnicas de biotecnologia na produção de organismos biológicos sintéticos, a partir de um código genético não encontrado na natureza. Este programa de pesquisas ficou conhecido como Biologia Sintética (Junqueira, 2008).

Mais recentemente, um novo e promissor campo de pesquisas tem se formado pela união dos ambientes de Realidade Virtual, compostos por dispositivos que conectam o humano com o digital, e dos softwares de Vida Artificial com capacidade de produzir comportamento emergente. O resultado é a possibilidade de experimentar a interação com ambientes e agentes, cujos comportamentos não são previstos *a priori*, através de um avatar que simula a presença do humano no ambiente virtual. Uma aplicação prática dessa tecnologia tem sido a utilização da Terapia de Exposição por Realidade Virtual para o tratamento de diversas fobias e distúrbios de estresse pós-traumático (Cukor *et al.*, 2009).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lange (1996) conclui seu texto dizendo que os pesquisadores de Vida Artificial não estão obrigados a apresentar uma definição de vida para justificar que certas entidades de software estão vivas. Mesmo

que certas capacidades dos seres vivos (como a fotossíntese, por exemplo) não possam ser exibidas por entidades de software, nenhum sinal de vida particular é necessário para a vitalidade. A relação entre sinais de vida e vitalidade permanece obscura, já que tais sinais não são nem individualmente necessários, nem conjuntamente suficientes para a vitalidade. O filósofo propõe reconstruir essa relação: coisas vivas constituem uma classe natural e a vitalidade é a razão pela qual uma entidade apresenta sinais de vida. Critica ainda a visão dos biólogos que não estão interessados em distinguir vida de não-vida, mas tão somente identificar quais são os sinais de vida que as diversas entidades exibem, por ignorarem os obstáculos da especificação desses sinais sem apelar para o conceito de vida.

Lange (1996) não vê, em princípio, razões para acreditar que seja impossível para um programa de computador ser considerado vivo e apresentar sinais de vida. Partindo de sua proposição, os sistemas desenvolvidos na abordagem de Vida Artificial forte poderiam fazer parte da classe natural das coisas que apresentam sinais de vida. E, uma vez que parece não existir, ou pelo menos não está plenamente estabelecida, uma distinção inequívoca entre vida e não-vida, implementações de software poderiam vir a apresentar sinais de vida equivalentes àqueles apresentados pelos organismos biológicos, em decorrência de estarem verdadeiramente vivas, em sua opinião.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTALANFFY, Ludwig Von. *Teoria geral dos sistemas*. Trad. Francisco M. Guimarães. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1975.
- CUKOR, Judith; SPITALNICK, Josh; DIFEDE, JoAnn; RIZZO, Albert & ROTHBAUM, Barbara O. Emerging treatments for Post Traumatic Stress Disorder. *Clinical Psychology Review*, **29** (8): 715-726, 2009.
- DENNETT, Daniel. Artificial Life as Philosophy. Pp. 291-292, in: LANGTON, Christopher (ed.). *Artificial Life: an overview*. Cambridge: The MIT Press, 1995.

- DRIESCH, Hans. *The history and theory of vitalism*. London: Macmillan, 1914.
- EMMECHE, Claus. A Life, organism and body: the semiotics of emergent levels. Pp. 117-124, *in*: BEDAU, Mark A.; HUSBANDS, Phil; HUTTON, Tim; KUMAR, Sanjev & SUZUKI, Hideaki (eds.). *Workshop and tutorial proceedings. Ninth International Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems (AlifeIX), Boston Massachusetts, September 12th, 2004*. Boston, 2004.
- JUNQUEIRA, Luís. Biotecnologia e inteligência sintética. *ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, UNICAMP*, **102**, 2008. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151976542008000500009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em 18 de fevereiro de 2013.
- . Explicando o fenômeno da emergência. *Revista Brasileira de Ciência, Conhecimento e Inovação*, **1** (2): 32-37, 2011.
- JUNQUEIRA, Luís & TORO, Patrícia. Cognição em seres artificiais: possibilidades de investigação científico-filosófica. *V Encontro Brasileiro Internacional de Ciência Cognitiva*, São Vicente, 20 a 23 agosto 2003. Pp. 64-65, *in*: *Caderno de Resumos*. São Vicente: UNESP, 2003 (a).
- . O paradigma da robótica evolucionária e suas aplicações na Ciência Cognitiva. *II Encontro da Pós-Graduação em Filosofia*, São Vicente, 2003. Pp. 6-7, *in*: *Caderno de Resumos*. São Vicente: UNESP, 2003 (b).
- LANGE, Marc. Life, artificial life and scientific explanation. *Philosophy of Science*, **63**: 225-244, 1996.
- LANGTON, Christopher (ed.). *Artificial life: the proceedings of an interdisciplinary workshop on the synthesis and simulation of living systems*. Redwood City: Addison-Wesley, 1989.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Lamarck e o vitalismo francês. *Perspicillum*, **9**: 25-68, 1995.
- MAYR, Ernst Walter. *The growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
- NAGEL, Ernest. Mechanistic explanation and organismic biology. *Philosophy and Phenomenological Research*, **11**: 327-338, 1951.

- PATTEE, Howard. Simulations, realization, and theories of life. Pp. 63-77, in: LANGTON, Christopher (ed.). *Artificial life: the proceedings of an interdisciplinary workshop on the synthesis and simulation of living systems*. Redwood City: Addison-Wesley, 1989, 1989.
- RAY, Thomas S. An approach to the synthesis of life. Pp. 371-408, in: LANGTON, Christopher ; TAYLOR, C.; FARMER, J. D. & RASMUSSEN, S. [eds.]. *Artificial life II: proceedings of the second interdisciplinary workshop on the synthesis and simulation of living systems*. Redwood City, CA: Addison-Wesley, 1991.
- . An evolutionary approach to the Synthetic Biology. Pp. 179-209, in: LANGTON, Christopher (ed.). *Artificial life: an overview*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995.
- REYNOLDS, Craig. Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model. *Computer Graphics*, **21** (4): 25-34, 1987.
- ROSEN, Robert. *Life itself: a comprehensive inquiry into the nature, origin and fabrication of life*. New York: Columbia University Press, 1991.
- RUSSELL, Edward Stuart. *Form and function: a contribution to the history of animal morphology*. London: John Murray, 1916.
- SCHRÖDINGER, Erwin. *O que é vida? O aspecto físico da célula viva*. Trad. Jesus de Paula Assis e Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.
- SOBER, Elliot. Learning from functionalism: prospects for strong artificial life. Pp. 749-766, in: LANGTON, Christopher; TAYLOR, C.; FARMER, J. D. & RASMUSSEN, S. [eds.]. *Artificial life II: proceedings of the second interdisciplinary workshop on the synthesis and simulation of living systems*. Redwood City, CA: Addison-Wesley, 1991.
- . *Philosophy of Biology*. Boulder, CO: Westview Press, 1993.

Data de submissão: 03/05/2013

Aprovado para publicação: 21/05/2013