

CAPÍTULO 2

DEFININDO VIDA

Claus Emmeche e Charbel Niño El-Hani

O QUE É A VIDA?

Apenas as criações artísticas de nossa espécie parecem capazes de produzir em nós uma reação emocional e estética similar àquela despertada pelo convívio com a natureza. Pensem numa onça atravessando a floresta amazônica, com a elegância de seus movimentos e seu padrão de manchas pretas sobre um fundo amarelo tão característico. Ou na beleza mais estática de uma bromélia pendendo sobre nossas cabeças em meio a uma floresta tropical. Imaginem a calma inevitável que nos invade quando, em meio à floresta, encontramos uma clareira onde fungos e insetos proliferam em centenas, milhares de formas. Ou o olhar inteligente de um chimpanzé nos sugerindo, de maneira tocante, que não estamos, com nossa capacidade de raciocínio, expressão simbólica e consciência, sozinhos no mundo. Ou, ainda, a insuspeita diversidade de formas de vida que podemos observar nas poças formadas nos recifes à beira-mar. Mas não são apenas respostas emocionais e apreciação estética que resultam de nossa relação com a natureza; ela também nos enche de questões e é difícil ignorar seu apelo por respostas. A espécie humana nunca pôde fazê-lo. Perguntas como as seguintes foram sempre colocadas pela humanidade, em qualquer lugar, em qualquer tempo: por que existe algo em vez de nada?; por que parte das coisas que existem são vivas?; por que as coisas vivas são encontradas em tamanha diversidade de formas?; por que algumas das coisas vivas têm consciência?

Neste livro vocês encontrarão algumas abordagens da segunda e da terceira questões. Particularmente neste capítulo, a pergunta que procuraremos responder é a seguinte: o que nos permite reunir todos os organismos citados acima e uma infinidade de outros numa única categoria, as “coisas vivas”?

Livros-texto ou dicionários de biologia raramente discutem em profundidade e muitas vezes sequer mencionam definições de vida. Embora existam exceções, como o *Dicionário Penguin de Biologia* (Abercrombie et al., 1992), em geral os dicionários de biologia definem termos técnicos como “ciclo vital”, “forma de vida”, “zona de vida”, mas não “vida” (por exemplo, Holmes, 1985).

Há uma atitude cética geral, entre os biólogos, frente ao que é entendido como especulação “meramente teórica” ou “metafísica”, em contraste com os “fatos” da pesquisa experimental. Quais seriam as razões para essa atitude? Um dos motivos está na crença geral de que uma definição de vida não teria qualquer utilidade para a resolução dos quebra-cabeças experimentais que constituem o dia-a-dia da pesquisa biológica. De um ponto de vista estritamente experimental, é até possível que isso seja verdade. Pode ser que uma definição de vida não cumpra qualquer papel particular na ciência experimental. Afinal, experimentos não são feitos com “sistemas vivos” em termos abstratos, mas com bactérias, drosófilas, camundongos e outros organismos que os biólogos costumam utilizar em seus laboratórios. Em geral, não representa qualquer problema reconhecer que esses organismos são “vivos”: por que preocupar-se, então, com a questão de “definir” o que é um sistema “vivo”, desde que seja possível distinguir camundongos vivos de camundongos mortos? É claro que podemos fazê-lo sem maiores problemas e, caso não pudéssemos, é pouco provável que uma definição de vida fosse capaz de ajudar-nos nesse ponto. Essa é uma resposta pragmática que explica, em parte, por que os biólogos, em geral voltados para a pesquisa experimental, e não teórica, não consideram a definição de vida uma questão importante.

A idéia de que uma definição de vida não tem grande importância está, pois, relacionada a uma tendência experimentalista que tem marcado a biologia nas últimas décadas. No entanto, essa ciência não se resume à vida de laboratório. Como em qualquer ciência, a construção de teorias é igualmente importante. Ou seja, uma biologia teórica é tão necessária quanto uma biologia experimental. É significativo que um destacado biólogo molecular, Sidney Brenner, tenha lamentado o fato de que “ninguém publica teoria em biologia – com poucas e raras exceções. Em vez disso, anunciam a estrutura de mais uma proteína” (citado em Judson, 1979). As críticas a uma tendência excessivamente experimentalista nas ciências biológicas não surgem, assim, apenas de fora da ciência experimental.

Se a relevância da biologia teórica for devidamente reconhecida, pode não ser possível escapar do problema da definição de vida: como salienta

Martino Rizzotti (1996), este é “o problema central da biologia teórica”. De fato, qualquer resposta à questão do que é esta ciência chamada biologia deve envolver uma caracterização mais ou menos precisa de seu objeto: a vida. Não obstante, a história desta ciência registra um número bastante limitado de tentativas de refletir sistemática e criticamente sobre a natureza dos sistemas vivos. Deve-se esperar, em geral, que a ciência ofereça definições claras e consistentes para os conceitos que emprega. Desse modo, a pouca atenção dada ao problema de definir vida pode causar espanto, por uma razão que não é possível ignorar: se a ciência deve ter clareza quanto aos conceitos que utiliza, por que isso não deveria aplicar-se a um conceito que denota o próprio objeto de todo um campo da investigação? Se a biologia é, de fato, uma ciência autônoma em relação à química e à física, ela deve ser capaz de caracterizar os sistemas que toma como seu objeto, diferenciando-os dos sistemas estudados por químicos e físicos. Ou seja, deve ser possível apontar, de uma maneira clara e direta, um conjunto de razões para a distinção entre sistemas inanimados, estudados pela química, física, geologia etc., e os sistemas vivos que são objeto da biologia.

Há outro motivo para o ceticismo dos biólogos em relação às definições de vida. A idéia de que todas as tentativas de definir vida fracassaram é bastante comum, sendo encontrada, inclusive, em livros-texto e dicionários de biologia. Uma das razões para isso reside na visão essencialista sobre as definições que é comum na biologia, embora esta seja, em termos gerais, uma ciência notavelmente “não-essentialista”. De acordo com essa visão essencialista, algo é definido como membro de uma classe (no caso, “coisas vivas”) *se e somente se* compartilha com os outros membros um conjunto permanente de propriedades essenciais, que podem ser listadas e verificadas. Surge, então, o problema do número e do tipo das propriedades que devem ser incluídas numa lista de condições essenciais, ou seja, suficientes e necessárias para a vida. Monod (1971), por exemplo, enumera três propriedades: teleonomia, morfogênese autônoma e invariância reprodutiva. De Duve (1991), por sua vez, cita sete: assimilação, conversão de energia em trabalho, catálise, informação, isolamento controlado, auto-regulação e multiplicação. Mayr (1982) apresenta uma lista de oito propriedades, como será discutido abaixo. Muitas outras propriedades são também comuns em tais listas, como, por exemplo, nutrição, crescimento, desenvolvimento, metabolismo, reprodução, irritabilidade, susceptibilidade a doenças e à morte etc. De todas as listas possíveis de propriedades, qual seria a mais correta? Como poderíamos garantir que uma proprie-

dade essencial não foi deixada de fora? Ou que uma propriedade dispensável não foi incluída? Não temos como responder a essas perguntas, pelo simples fato de que não podemos ter acesso à essência da vida, àquilo que define essencialmente um sistema como vivo. E há ainda o problema das chamadas “formas limítrofes”, como vírus e outras estruturas moleculares que apresentam ao mesmo tempo propriedades características da matéria bruta e de seres vivos.

O fenômeno da “vida” apareceu como um problema para a ciência somente no fim do século XVIII. Anteriormente, “vida” não existia como um conceito científico, mas apenas seres vivos, e, assim, não se podia falar propriamente em uma biologia, em um estudo da vida, mas apenas em uma medicina (incluindo a anatomia e a fisiologia) e em uma história natural, preocupada principalmente com problemas de classificação de plantas e animais:

“Com efeito, até o fim do século XVIII, a vida não existe. Apenas existem seres vivos. Estes formam uma, ou antes, várias classes na série de todas as coisas do mundo: e se se pode falar da vida, é somente como de um caráter [...] na universal distribuição dos seres. Tem-se o hábito de repartir as coisas da natureza em três classes: os minerais, aos quais se reconhece o crescimento, mas sem movimento nem sensibilidade; os vegetais, que podem crescer e que são suscetíveis de sensação; e os animais, que se deslocam espontaneamente [...]. A vida não constitui um limiar manifesto a partir do qual formas inteiramente novas do saber são requeridas. Ela é uma categoria de classificação, relativa, como todas as outras, aos critérios que se fixarem. E, como todas as outras, submetida a certas imprecisões desde que se trate de fixar-lhe as fronteiras [...]. Mas o corte entre o vivo e o não-vivo jamais é um problema decisivo [...]. O naturalista é o homem do visível estruturado e da denominação característica. Não da vida” (Foucault, 1987).

Torna-se fácil compreender, então, por que a palavra “biologia” é uma filha do século XIX (Mayr, 1982), tendo sido proposta por Karl Friedrich Burdach em 1800 e Jean-Baptiste Lamarck e Gottfried Treviranus em 1802. A idéia moderna de uma ciência unificada dos sistemas vivos tem praticamente a mesma idade.

A tentativa de definir vida por meio de uma lista de propriedades que uma coisa, para ser considerada viva, deve necessariamente compartilhar com as outras coisas vivas pode ser vista como uma espécie de vestígio da história natural. A vida não aparece, nessas listas de propriedades, como um fenômeno

único, coerente, que confere a todo um campo do conhecimento seu sentido mais geral, mas como uma característica (desdobrada num conjunto de propriedades mais específicas, como movimento, sensibilidade, crescimento etc.) que permite classificar, na distribuição universal dos seres, alguns como vivos, outros como minerais, e assim por diante. Essa compreensão da definição de vida a torna relativa aos critérios escolhidos por cada pesquisador, resultando na interminável controvérsia sobre qual a melhor lista de propriedades típicas da vida. Quando a biologia se constitui como ciência, é necessário definir a vida como um fenômeno coerente, que requer uma nova forma de conhecimento, e esse problema de definição não pode ser resolvido pelos mesmos procedimentos de classificação da história natural. É preciso recorrer a outra maneira de entender as definições.

Os problemas decorrentes das tentativas de definir vida de maneira essencialista, juntamente com a tendência experimentalista das ciências biológicas, fizeram com que a questão “O que é vida?” fosse lançada ao limbo dos problemas muito difíceis de resolver e que trazem poucos resultados práticos. Uma relação de custo e benefício que é, sem dúvida, pouco convidativa. Deve-se ter na devida conta, no entanto, nossas intuições mais gerais acerca dos seres vivos. É comum, nos mesmos livros-texto que põem de lado a questão da definição, o reconhecimento de que a vida na Terra, não obstante sua diversidade, compartilha algumas propriedades fundamentais. A biologia do século XX, na medida em que não foi apenas experimentalista e orientada pela busca de “fatos”, propiciou ferramentas conceituais para construirmos um retrato coerente de pelo menos algumas propriedades universais dos sistemas vivos. Ora, se é possível intuir a existência de propriedades comuns a todos os seres vivos, de modo que se tem tentado, repetidamente, listá-las, por que não se poderia definir vida? Talvez o problema esteja na visão tradicional sobre as definições, e não na vida como objeto de uma definição. Nós argumentaremos, nas seções seguintes, que não só é possível definir vida como isso já foi feito, de maneira implícita, pela biologia do século XX, e não apenas uma, mas pelo menos duas vezes.

ONTODEFINIÇÕES

O que significa ter uma idéia científica geral ou definição de um fenômeno como a vida? Qual o papel de noções bastante amplas como vida, mente, consciência, matéria etc. na ciência? Definir essas categorias muito gerais não

é o mesmo que definir termos científicos mais específicos, como, por exemplo, ácido nucléico ou regulação gênica. Essas categorias incluem uma grande quantidade e diversidade de fenômenos, sendo compreensível que se mostrem, em certa medida, vagas. Não se pode exigir de suas definições o mesmo tipo de precisão, o mesmo caráter estrito que requeremos das definições de conceitos científicos específicos. Quando lidamos com essas categorias gerais, devemos evitar tanto o rigor excessivo como as definições obscuras.

Esses tipos mais gerais de objetos científicos são, também, objetos da ontologia – o esquema total de coisas que aceitamos como reais. A ciência e a ontologia, ou metafísica, são empreitadas distintas, mas há interdependência e troca mútua entre elas. As categorias gerais utilizadas para a descrição do mundo num dado paradigma (ou seja, numa realização científica que orienta o trabalho de pesquisa de uma comunidade de cientistas, como, por exemplo, a mecânica de Newton ou a teoria da evolução de Darwin) constituem o componente metafísico da ciência (Kuhn, 1979). As definições propostas para esses tipos muito gerais de objetos – vida, mente, consciência, matéria etc. – podem ser chamadas de *ontodefinições*, um termo criado por Emmeche (1997, 1998) para designar definições situadas na fronteira entre a ciência e a metafísica, referindo-se a categorias muito amplas em uma dada visão do mundo. Elas definem, da forma mais geral, o que os cientistas estão buscando em uma ou mais áreas da pesquisa científica e, ao mesmo tempo, fornecem um esquema básico para a compreensão e explicação da natureza de seus objetos de estudo. As ontodefinições têm um caráter integrativo, mas freqüentemente vago e implícito, no interior dos paradigmas científicos. Elas estão, na maioria das vezes, de tal modo implícitas nos paradigmas, são um conhecimento tão “natural” para os cientistas, que eles não as consideram importantes e nem reconhecem que tenham qualquer coisa a ver com sua atividade experimental cotidiana.

A VISÃO TRADICIONAL SOBRE A DEFINIÇÃO DE VIDA

A visão usual entre os biólogos sobre a definição de vida é ilustrada pela seguinte afirmação de Ernst Mayr, um renomado biólogo evolutivo:

“Tentativas foram feitas repetidamente para definir “vida”. Esses esforços são um tanto fúteis, visto que agora está inteiramente claro que não há uma substância, um objeto ou uma força especial que possa ser identificada com a vida” (Mayr, 1982).

Ele admite, no entanto, a possibilidade de definir-se o “processo da vida”:

“O processo da vida, contudo, pode ser definido. Não há dúvida de que os organismos vivos possuem certos atributos que não são encontrados da mesma maneira em objetos inanimados. Diferentes autores salientaram diferentes características, mas não pude encontrar na literatura uma lista adequada de tais propriedades” (Mayr, 1982).

Ele apresenta, então, uma lista de oito propriedades definidoras do processo da vida, reconhecendo que ela é provavelmente incompleta e um pouco redundante, mas “ilustra os tipos de características que diferenciam os organismos vivos da matéria inanimada”. Essa lista inclui complexidade e organização; singularidade química, no sentido das propriedades extraordinárias observadas nas moléculas de elevado peso molecular (macromoléculas) que compõem os seres vivos, mas não são normalmente encontradas na matéria inanimada; qualidade (onde Mayr faz um contraste entre o mundo físico como um mundo de quantificação e o mundo biológico como um mundo de qualidades, diferenças individuais, sistemas de comunicação, interações em ecossistemas etc.); individualidade e variabilidade; presença de um programa genético (com a observação de que “nada comparável a ele existe no mundo inanimado, com exceção dos computadores construídos pelo homem”); natureza histórica; seleção natural; e indeterminação, incluindo a “emergência de qualidades novas e imprevisíveis nos níveis hierárquicos” que constituem a matéria viva. Mayr parece imaginar, de um lado, que definir “vida” significa especificar, de uma maneira essencialista, uma única propriedade definidora crucial desse fenômeno, o que seria fútil, tendo em vista o consenso entre os biólogos de que não há uma substância ou força que caracteriza a vida em sua “essência”; e, de outro lado, ele considera possível definir a vida *como um processo* mediante uma lista muito qualitativa e possivelmente redundante de propriedades. É evidente que a lista de propriedades apresentada por ele não escapa aos problemas discutidos anteriormente, não sendo clara qual a vantagem de tentar-se definir o “processo da vida”, em lugar da “vida” propriamente dita.

A maneira como Mayr aborda o problema da definição de vida ilustra uma atitude comum entre os biólogos, que chamaremos de *visão tradicional sobre a definição de vida*, podendo ser explicitada por meio das seguintes suposições:

(1) A vida como tal não pode ser definida; por isso, uma definição clara não é encontrada.

(2) A questão da definição de vida não é importante para a biologia.

(3) O processo da vida pode ser definido ou, ao menos, aproximadamente distinguido dos processos inorgânicos através de uma lista de propriedades características.

(4) É difícil delimitar esse conjunto de propriedades, mas essas dificuldades não são sérias. Seres vivos particulares podem não apresentar todas as propriedades citadas, de modo que a lista não corresponde a um conjunto de propriedades necessárias e suficientes; ela pode ser mais vaga e redundante, admitindo, inclusive, que a fronteira entre processos vivos e não-vivos não seja rigidamente demarcada.¹

(5) Embora a vida seja um fenômeno físico, a biologia lida com sistemas de tal complexidade que não podemos na prática ter esperança de reduzi-la à física. Se as propriedades cruciais dos processos vivos forem listadas, será inevitável incluir propriedades genuinamente biológicas, como auto-reprodução, metabolismo e seleção natural.

As proposições centrais nessa visão sobre a definição de vida são (1) e (2), sendo possível admiti-las sem as elaborações apresentadas nas proposições (3) a (5).

Felizmente, nem todos os biólogos entendem dessa forma a tentativa de definir vida. Outro biólogo evolutivo, John Maynard Smith (1986), transcende a visão tradicional em sua tentativa de formular uma definição geral de vida a partir de dois critérios: (1) metabolismo (“embora as formas dos organismos vivos permaneçam constantes, os átomos e as moléculas dos quais são compostos estão constantemente mudando”); e (2) funções (“as partes dos organismos têm “funções”, isto é, elas contribuem para a sobrevivência do todo”). Maynard Smith discute a interdependência desses dois critérios e sua relação

¹ Temos aqui o caso clássico dos vírus como formas limítrofes entre o vivo (eles apresentam informação genética, podem replicar-se) e o não-vivo (eles não têm metabolismo próprio, são transferidos de uma célula a outra como partículas inertes semelhantes a cristais). Em nossa visão, os vírus não constituem uma forma limítrofe, situada entre o vivo e o não-vivo. Os vírus pressupõem (no sentido funcional e evolutivo) a existência de células vivas e, desse modo, são melhor concebidos como uma forma patológica de vida, uma espécie de última palavra em parasitismo.

com a evolução biológica. Não se trata de fornecer simplesmente uma lista de propriedades, mas de relacionar os aspectos listados com um paradigma específico da biologia, a biologia evolutiva neodarwinista. A vida pode ser definida, de acordo com Maynard Smith, pela presença daquelas propriedades necessárias para garantir a evolução por seleção natural, ou seja, “entidades com as propriedades de multiplicação, variação e hereditariedade são vivas e entidades que não apresentam uma ou mais dessas propriedades não o são”. Como veremos, esta é uma das definições de vida (ainda que implícita) que podem ser encontradas na biologia teórica. Antes de examiná-la em maior detalhe, é preciso explicar melhor a diferença entre as abordagens do problema de definir vida empregadas por Mayr e Maynard Smith.

A NATUREZA PARADIGMÁTICA DAS DEFINIÇÕES

A visão tradicional sobre a definição de vida resulta, como vimos, de uma compreensão “essencialista” das definições, de acordo com a qual definir vida parece uma tarefa inútil ou de importância limitada. Os problemas enfrentados pelas tentativas de propor listas de atributos suficientes e necessários para um sistema ser considerado vivo e a própria inspiração filosófica dessa tentativa de definição fazem com que os biólogos, usualmente “não-essencialistas”, não vejam com bons olhos os esforços para definir vida e sejam frequentemente seduzidos pela idéia de definir algo mais vago, como, por exemplo, o “processo da vida”. No entanto, se for possível definir “vida” de uma maneira não-essencialista e rigorosa, optar pela definição de um termo vago como o “processo da vida” não parecerá satisfatório.

Convém observar, então, que a visão essencialista não esgota tudo que há para dizer sobre as definições. Ao contrário, diferentes visões sobre o que é definir algo foram propostas ao longo do tempo. Entre estas, a visão de como os conceitos adquirem seu significado que se afirmou com a nova filosofia da ciência, surgida a partir da década de 1960, é especialmente interessante para os nossos propósitos. A referência a uma “nova filosofia da ciência” pode causar a impressão de que se trata de um grupo de filósofos que trabalhavam juntos, em uma espécie de esforço cooperativo de investigação, mas não é esse o caso. Essa expressão se refere a um conjunto heterogêneo de filósofos, com idéias bastante diferentes. No entanto, um dos pontos mais importantes de concordância entre eles é o de que as teorias científicas não são simples coleções de sentenças, mas totalidades estruturadas (Chalmers, 1995). Para Thomas

Kuhn (1979), por exemplo, o que orienta a pesquisa realizada numa dada disciplina é um paradigma, ou seja, um conjunto de proposições teóricas, leis, técnicas, princípios metafísicos (que podem ser expressos em "ontodefinições") etc., que fornece, durante certo tempo, modelos de problemas legítimos e soluções aceitáveis para uma comunidade de pesquisadores. Em um paradigma, os conceitos são definidos em termos de outros conceitos, ou seja, não se concebe que eles adquiram significado por meio de uma relação entre o ato de definir (isto é, de dar um significado particular a um conceito) e a realidade. Definir um conceito como parte de um paradigma implica inseri-lo em uma rede de conceitos que se sustentam mutuamente e conferem significado uns aos outros. Essa rede de conceitos não pretende capturar a realidade essencial do que está sendo definido (por exemplo, a vida). O que acontece é que o conceito que está sendo definido adquire um significado específico, em virtude de suas conexões com os demais conceitos na rede, que não é apenas uma rede lingüística, mas também uma rede de práticas teóricas, experimentais e comunicativas.

Deve-se ressaltar que essa visão paradigmática das definições não requer a proposição de listas de propriedades suficientes e necessárias para a caracterização de um sistema como vivo. No entanto, isso não quer dizer que não seja necessário identificar propriedades características dos sistemas vivos, que os diferenciariam de sistemas inanimados, como uma rocha, um átomo, uma barra de ferro etc. Em qualquer tentativa de definir vida, é óbvio que devem ser citados atributos definidores desse fenômeno. O que muda, nesse caso, é a maneira como o ato de definir algo por meio de suas propriedades é entendido. Na medida em que não se está buscando as propriedades essenciais dos sistemas vivos, não se trata de descobrir alguma força ou substância especial que caracterize a vida e, tampouco, de propor um conjunto de propriedades suficientes e necessárias para a classificação de um sistema como vivo, mas apenas de identificar propriedades que dêem significado ao conceito "vida" à luz de algum paradigma e da rede de conceitos que é parte deste. Maynard Smith, por exemplo, cita propriedades para caracterizar o que é um sistema vivo, mas ele não se limita a propor uma lista de propriedades, como se apresentar tal lista fosse suficiente para definir vida; ele procura relacionar os atributos citados com um paradigma específico, a biologia evolutiva neodarwinista.

Considerando-se essa visão paradigmática sobre as definições, a tarefa da qual nos ocupamos neste trabalho pode ser entendida da seguinte maneira: paradigmas da biologia teórica devem ser examinados de modo a verifi-

car-se se é possível propor ou descobrir, em algum deles (ou em mais de um), uma definição para o termo “vida”. Mas, para que as definições descobertas ou propostas por meio desse procedimento sejam suficientemente rigorosas, é preciso estabelecer um conjunto de requisitos que uma definição de vida deve satisfazer.

REQUISITOS PARA UMA DEFINIÇÃO DE VIDA

Os seguintes requisitos podem ser propostos para uma definição de vida: (a) universalidade; (b) coerência com o conhecimento científico; (c) elegância conceitual e capacidade de organização cognitiva; e (d) especificidade.

(a) Uma definição satisfatória de vida deve ser capaz de lidar com a vida como um fenômeno *universal*, abrangendo todas as formas possíveis de vida, e não apenas a vida baseada em carbono, DNA, proteínas etc., que resultou da evolução no planeta Terra. Caso exista vida em outros planetas, ela pode, por exemplo, não ter sua informação genética armazenada em moléculas de DNA ou um metabolismo baseado em proteínas com função enzimática, mas terá, provavelmente, algum tipo de metabolismo e alguma forma de memória genética. Ainda que não se saiba com certeza, é muito difícil, pelo menos para biólogos do século XX, imaginar formas de vida que não tenham (ou que não parasitem outras formas que tenham) *genótipo* e *fenótipo*, onde o genótipo, o conjunto de genes que um organismo individual possui, constitui a memória genética, e o fenótipo, as características morfológicas, fisiológicas, comportamentais etc. de um organismo, interage com um dado ambiente de modo a definir o sucesso do organismo na obtenção de recursos para sua sobrevivência e reprodução. Parece mais apropriado, em suma, que uma definição de vida se refira de maneira genérica a genótipos e fenótipos, e não à maneira particular como eles se apresentam na vida que conhecemos na Terra.

(b) Uma definição de vida não deve envolver noções contrárias ao conhecimento científico atual sobre as coisas vivas e seus componentes inorgânicos, ou seja, ela deve ser *coerente* com a compreensão geral dos sistemas vivos baseada na pesquisa biológica, bem como com a física e química modernas. Desse modo, ela não deve referir-se a energias ou poderes vitais ocultos, forças sobrenaturais e coisas semelhantes.

(c) Uma definição de vida deve apresentar o que se pode chamar de *elegância conceitual e capacidade de organização cognitiva*, isto é, ela deve ser capaz de organizar uma grande parte do campo de conhecimento da bio-

logia, bem como nossa experiência comum com os sistemas vivos, em uma estrutura clara. O papel de uma definição de vida não é o mesmo de definições de termos mais ou menos técnicos dentro de disciplinas específicas; seu papel é, antes, o de proporcionar um perfil claro ao objeto geral de estudo da biologia como um todo, organizar nossos modelos e nossas teorias dos sistemas vivos de maneira unificada e coerente, e distinguir o estudo científico da vida de outros tipos de investigação. Em vista desse papel integrativo do conceito "vida", é razoável pensar-se que ele deva ter um papel central no ensino da biologia. Quando se ensina biologia, a expectativa é (ou, ao menos, deveria ser) a de que os estudantes construam uma visão integrada e ordenada dessa ciência, não se limitando apenas à compreensão de termos técnicos. Uma visão dessa natureza pode ser estimulada pela discussão de definições de vida.

(d) Uma definição de vida deve dar uma idéia de qualquer tipo de sistema que possa ter a capacidade de viver, metabolizar, auto-replicar-se, ou quaisquer outras propriedades dos sistemas vivos consideradas relevantes no contexto de um dado paradigma, e, mesmo assim, ser suficientemente *específica* para distinguir sistemas vivos de coisas que obviamente não são vivas.

Se uma noção de vida que dê conta dos requisitos acima puder ser encontrada ou explicitada dentro de algum paradigma (ou paradigmas) da biologia moderna, estaremos diante de uma definição de vida (uma *ontodefinição*) satisfatória, ou seja, bem definida de acordo com os requisitos propostos. Se for possível levar esse projeto a cabo, o ceticismo geral quanto às tentativas de definir vida não poderá mais ser justificado. Afinal, o que estará sendo demonstrado é que não só *é possível definir vida*, mas também que essa definição *já existe* na biologia teórica.

Vale a pena destacar que os requisitos apresentados acima não se colocam para as definições de quaisquer termos científicos. A maioria dos conceitos científicos se refere a tipos mais específicos de objetos ou processos, não sendo necessário que satisfaçam os mesmos critérios das ontodefinições. Quando se define vida, pretende-se demarcar um conjunto muito amplo de processos, uma forma muito geral e organizada dos sistemas físicos, apresentando suas diferenças em relação a outras categorias igualmente gerais, como matéria, mente ou sociedade. Os papéis de um conceito dessa natureza e de noções científicas mais específicas são muito diferentes, de modo que seria um equívoco exigir que ambos fossem consistentes com os mesmos tipos de critérios. É exigido dos conceitos específicos de uma área do conhecimento um grau de

precisão que as ontodefinições não podem ter, na medida em que precisam ser consistentes com uma enorme quantidade de fenômenos diferentes. Por outro lado, as ontodefinições têm um papel integrativo nos paradigmas científicos que não pode, em geral, ser requerido de noções mais específicas.

Vamos examinar agora algumas definições de vida.

VIDA COMO A SELEÇÃO NATURAL DE REPLICADORES

Na biologia evolutiva neodarwinista, pode-se encontrar uma definição de vida que satisfaz os requisitos acima. Essa definição tem uma situação peculiar dentro da biologia; afinal, a biologia evolutiva neodarwinista é considerada o *paradigma* da biologia moderna, como quis enfatizar Dobzhansky (1973) ao afirmar que “nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução”.

A idéia de que a vida pode ser definida como a seleção natural de replicadores ou entidades que fazem cópias de si mesmas é, com frequência, ignorada ou negligenciada, devido à visão tradicional sobre a definição de vida e à atitude cética que a acompanha. De qualquer modo, essa definição, mesmo negligenciada, persiste de modo implícito na biologia evolutiva neodarwinista, sendo fácil explicitá-la. Uma vez que isso seja feito, parece-nos provável que a maioria dos biólogos evolutivos a aceite como uma definição satisfatória de vida, na medida em que estão acostumados a pensar na vida não ao nível do organismo individual, mas como linhagens de organismos conectados pelos processos de reprodução e seleção.

De acordo com essa definição, a vida é uma propriedade de *populações* de entidades que (1) são capazes de auto-reprodução; (2) herdaram características de seus predecessores por um processo de transferência de informação genética e, assim, de características hereditárias (implicando uma distinção entre genótipo e fenótipo); (3) apresentam variação em virtude de mutações aleatórias (no genótipo); e (4) têm as chances de deixar descendentes determinadas pelo sucesso de sua combinação de propriedades (herdadas como genótipo e manifestas como fenótipo) nas circunstâncias ambientais nas quais vivem (seleção natural). Para que essa definição satisfaça ao requisito da universalidade, é preciso enfatizar que a referência a “genótipo” e “fenótipo” não implica necessariamente genes feitos de DNA e organismos feitos de células.

O termo “replicador” foi originalmente cunhado pelo zoólogo Richard Dawkins (1979), no contexto de uma defesa da idéia de que a evolução ocorre principalmente pela seleção ao nível dos genes (*replicadores*) que, pelo pro-

cesso de replicação, preservam sua estrutura ao longo do tempo. Células e organismos multicelulares, são para Dawkins, nada mais que “máquinas de sobrevivência” para as seqüências perpétuas de informação escritas nos nucleotídeos das moléculas de DNA (em seus termos, nos “genes egoístas”). Assim, a característica definidora da vida corresponde, para Dawkins, à seleção natural de replicadores cada vez mais eficientes.

Enquanto Dawkins conferiu um papel central na evolução apenas às estruturas replicativas, o filósofo David Hull (1981) propôs uma visão na qual não só os replicadores se mostram importantes. Além dos replicadores, definidos como quaisquer entidades que preservam sua estrutura diretamente, por meio da replicação (por exemplo, genes feitos de DNA), Hull também atribuiu um papel central no processo evolutivo aos *interagentes* e às *linhagens*.

Os interagentes são quaisquer entidades que interagem como um todo com o ambiente (por exemplo, organismos feitos de células), cujo sucesso adaptativo, frente às pressões seletivas com as quais se defrontam em cada circunstância ambiental, determina as chances de os replicadores passarem cópias para a próxima geração. Ou seja, quanto maior for o sucesso relativo do interagente (organismo) do qual um conjunto de replicadores (genes) é parte, em relação aos outros interagentes com os quais ele compete por recursos, maiores são as chances de ele deixar descendentes e, assim, dos replicadores em seu interior passarem cópias de si mesmos para as próximas gerações. Pensem, por exemplo, em duas cascavéis em busca de roedores em meio à caatinga nordestina. Aquela cascavel que tiver uma combinação de propriedades que resulte, em sua interação com aquele ambiente, em maior sucesso na busca e captura de roedores, terá acesso a uma maior quantidade de alimento e isso aumentará suas chances de chegar à idade adulta e reproduzir-se com sucesso. Assim, ela terá maior probabilidade de deixar descendentes do que a outra cascavel. Quanto mais descendentes ela gerar, mais cópias dos genes em seu interior serão passadas à próxima geração.

Esse é, de maneira bastante básica, o processo de seleção natural. Nesse processo, se a auto-reprodução e transmissão de características hereditárias dos interagentes dependem, de modo crucial, dos replicadores, o sucesso dos replicadores na perpetuação de sua informação genética depende, de modo igualmente crucial, dos interagentes. Essas duas entidades são vistas por Hull como elementos indissociáveis do processo evolutivo, não se podendo pensar nos organismos (interagentes) como meras “máquinas de sobrevivência” dos genes (replicadores), como pretende Dawkins. O processo evolutivo é um pro-

cesso de seleção exatamente por causa da ação recíproca da replicação da informação genética e da interação dos organismos com o ambiente.

Tanto os replicadores como os interagentes são indivíduos discretos, que surgem e desaparecem, mas produzem *linhagens* que se desenvolvem por maiores extensões de tempo.

Um problema com a visão de Dawkins, em contraste com a de Hull, é que ela enfatiza uma concepção puramente informacional da vida. Nós normalmente consideramos a vida como sendo tanto forma quanto matéria – algo com aspectos tanto informacionais e organizacionais quanto materiais –, mas, na versão de Dawkins, essa definição de vida coloca muita ênfase sobre o aspecto informacional, isto é, sobre os replicadores como padrões de informação que se autopropagam. Isso pode levar a uma concepção idealista, na qual a vida seria definida como qualquer realização de algum conjunto específico de propriedades informacionais abstratas, não importando o meio material. Nesses termos, um “organismo” simulado na tela de um computador poderia ser considerado tão vivo quanto os organismos constituídos por matéria orgânica com os quais estamos acostumados.

Richard Dawkins tem sido mais bem-sucedido do que David Hull na divulgação de suas idéias. É lamentável que a contribuição de Hull tenha sido em grande parte negligenciada nas discussões sobre definições de vida. A visão desse filósofo satisfaz todos os requisitos discutidos acima para uma definição de vida. Ela conduz naturalmente a uma definição simples e elegante, que consolida nossas idéias sobre os sistemas vivos numa perspectiva evolutiva. Não é possível, é claro, ter qualquer certeza a esse respeito, mas parece concebível que toda a vida no universo evolua por um tipo de seleção darwiniana de interagentes, cujas propriedades são especificadas, em parte, por um repertório de informações que pode ser replicado.

VIDA COMO AUTOPOIESE

Entre os aspectos básicos da vida mencionados por Maynard Smith situa-se o metabolismo. A rede de vias e componentes metabólicos dentro de uma célula é um ponto de partida para a compreensão de uma segunda definição de vida, que é parte de um paradigma da biologia teórica, a teoria da autopoiese, que não tem (ao menos no presente) o mesmo papel central da síntese neodarwinista no pensamento biológico, mas orienta a investigação de um número significativo de pesquisadores em todo o mundo e em variados ramos

da ciência. A teoria da autopoiese foi proposta por Humberto Maturana e Francisco Varela na década de 1960. Literalmente, "autopoiese" significa autoprodução ou autocriação. Trata-se de um termo para a organização "circular", que se "autodefine", de um sistema vivo (por exemplo, uma célula). Uma célula consiste, de acordo com a teoria da autopoiese, numa unidade fechada em termos organizacionais, por ser uma rede de componentes metabólicos na qual os componentes produzem a própria rede (e os limites da rede) que, por sua vez, os produz. Daí a idéia de uma organização circular como atributo definidor dos sistemas vivos. Não se trata, contudo, de negar a importância do intercâmbio entre sistema vivo e ambiente. A rede de componentes que corresponde ao sistema vivo é fechada em termos organizacionais mas aberta em termos materiais e energéticos, ou seja, ela está sempre trocando matéria e energia com o ambiente externo (Maturana & Varela, 1980; Varela, 1979; Maturana, 1997).

A definição da vida como um sistema autopoietico tem sido negligenciada, em grande medida, tanto por biólogos como por filósofos da biologia. Ela é diferente da primeira definição que examinamos em vários aspectos: (1) ela foi deliberadamente inventada como parte de uma teoria geral, abstrata, da vida, que tenta não apenas propor uma maneira de compreender o fenômeno biológico da vida em seu sentido mais geral, mas também dar origem a uma teoria do conhecimento fundada na biologia (esse último aspecto da teoria autopoietica é bastante interessante, mas ultrapassa os objetivos deste trabalho. Não temos a expectativa de dar conta, nesta curta exposição, de todos os aspectos da complexa teoria de Maturana e Varela, mas apenas da definição de vida que é parte dela). (2) Ela rejeita a noção da informação genética ou biológica como algo intrínseco ao sistema autopoietico; ao contrário, a informação é entendida como algo atribuído ao sistema do ponto de vista de um observador, não se admitindo noções como as de um "programa genético" que de algum modo "codifica" ou "representa" a informação do organismo como um todo, de signos ou sinais "interpretados" pelo organismo, ou, ainda, de "propósitos", "funções" ou "objetivos" das partes de um ser vivo. (3) Ela põe em destaque a idéia de que os sistemas vivos só podem ser caracterizados com referência a si mesmos, ou seja, de que um sistema vivo, como uma rede fechada de relações, pode ser visto como uma organização que define a si própria, o que ilumina um aspecto auto-referencial da vida que não é observado na definição da biologia evolutiva neodarwinista.

De acordo com essa definição de vida, um sistema vivo deve ser entendido como uma *máquina autopoietica*, ou seja,

“uma máquina que é organizada (definida como uma unidade) como uma rede de processos de produção, transformação e destruição de componentes que produz os componentes que: (i) através de suas interações e transformações regeneram e realizam a própria rede de processos que os produziu; e (ii) a constituem (a máquina) como uma unidade concreta no espaço na qual eles (os componentes) existem mediante a especificação do domínio topológico de sua realização como tal rede” (Maturana & Varela, 1980, p. 135).

O que diferencia, nessa teoria, as máquinas orgânicas das máquinas construídas pelo homem é o fato de que essas últimas não geram por si mesmas seus constituintes e, portanto, não podem ser consideradas autopoieticas. Essa descrição do sistema vivo como uma máquina pode dar vez a críticas da teoria da autopoiese por sustentar uma visão mecanicista da vida.

A autopoiese é uma propriedade do tipo tudo-ou-nada; um sistema não pode ser “mais ou menos” autopoietico. A origem da autopoiese não pode, portanto, ser um processo gradual. Não há lugar, na teoria de Maturana e Varela, para sistemas em transição de um mundo não-vivo (não-autopoietico) para um mundo vivo (autopoietico); no momento em que a vida se originou na Terra, houve uma mudança qualitativa, de um tipo de existência não-autopoietica (o mundo químico) para um tipo de existência autopoietica (o mundo vivo). De acordo com a teoria, fenômenos biológicos como evolução, auto-reprodução e replicação são secundários à constituição das unidades autopoieticas no espaço físico. Isto enfatiza ainda mais a distinção entre essa definição e a anterior, na medida em que os atributos selecionados como definidores da vida no paradigma da biologia evolutiva neodarwinista são considerados secundários no contexto da teoria da autopoiese.

A definição autopoietica não se refere apenas ao exemplo particular de vida que encontramos na Terra. Nós poderíamos pensar na autopoiese até mesmo em espaços virtuais, como, por exemplo, numa simulação apresentada na tela de um computador. Essa definição é coerente com o conhecimento biológico atual e, a despeito do estilo difícil da teoria da autopoiese, oferece uma maneira particular e logicamente consistente de ver a vida, com uma notável capacidade de organizar o conhecimento a esse respeito. Embora possa ser questionado se há outros exemplos de sistemas autopoieticos além dos biológicos (Fleischaker, 1988), a

definição da vida como autopoiese parece ser suficientemente específica para capturar aspectos muito fundamentais da vida biológica, particularmente, a autonomia e organização fechada dos sistemas vivos.

As duas definições de vida examinadas até agora satisfazem os critérios estabelecidos anteriormente. Elas pertencem a dois paradigmas distintos da biologia. A “vida como seleção natural de replicadores” é parte da biologia evolutiva neodarwinista. A “vida como autopoiese” pertence a um ramo distinto menor, mas importante, da biologia teórica, cujas origens estão na teoria dos sistemas, cibernética e neurobiologia. Na próxima seção, uma terceira definição possível para o fenômeno da vida será apresentada, como parte de um paradigma emergente da biologia teórica, a biossemiótica.

VIDA COMO UM FENÔMENO SEMIÓTICO

A biossemiótica é um paradigma novo da biologia teórica que procura propiciar uma maneira de perceber a vida que não seja baseada apenas na organização das moléculas, mas também na comunicação de signos na natureza (Emmeche, 1998; Hoffmeyer, 1997). Ela questiona qual a compreensão que teríamos da vida se tentássemos defini-la como um fenômeno semiótico, isto é, como algo fortemente ligado ao objeto da semiótica, a ciência dos signos. A semiótica é considerada, em geral, uma ciência que estuda os sistemas lingüísticos por meio dos quais o homem lida com os significados em sua vida social e mental. O que a biossemiótica propõe é uma maneira de entender a vida biológica como um fenômeno que é, desde sua origem, semiótico; a produção, transmissão e interpretação de signos não teriam surgido, dessa maneira, apenas com a espécie humana, mas estariam aqui desde a origem da vida. A natureza, para a biossemiótica, está cheia de signos. A biossemiótica pode ser vista, então, como um programa de pesquisa cujo objetivo é reconstruir uma história natural dos signos, descrevendo a evolução de diferentes sistemas de signos e de interpretação de signos na natureza, desde os sistemas genéticos até a linguagem humana.

É comum encontrarmos nas ciências biológicas noções como as de “informação genética”, “código genético”, “sinais moleculares” etc. Os biossemioticistas (os biólogos teóricos que se ocupam da biossemiótica) interpretam a referência freqüente a essas noções, particularmente na biologia molecular, como evidência de uma visão protossemiótica, ou seja, de uma espécie de visão precursora da biossemiótica. Os fenômenos biológicos poderiam ser

considerados semióticos, dado que sua descrição, por diferentes tradições teóricas, usualmente envolve idéias como as de codificação, processamento de informação, intercâmbio e interpretação de sinais etc. Por exemplo, a definição da vida como seleção natural de replicadores pode ser vista como uma definição implicitamente semiótica, na medida em que faz uso da noção de informação.

Há autores, no entanto, que criticam o uso do conceito de informação na biologia, destacando que, uma vez que não há uma noção de informação claramente formulada nessa ciência, esse conceito não passa de uma metáfora estranha à biologia, cuja utilização poderia conduzir a uma visão errônea da explicação em campos como a biologia molecular (Stuart, 1985; Sarkar, 1996). Desse modo, seria mais apropriado deixar de lado a “linguagem” da informação. Os biossemiotistas discordam dessa posição, afirmando que o uso de conceitos e teorias da semiótica na interpretação da “linguagem” da informação biológica contribuiria exatamente para sua formulação de maneira precisa e consistente, conduzindo a biologia a uma nova visão de seu objeto de estudo, que poderia ser capaz de até mesmo revolucioná-la. No mínimo, pode-se dizer que a utilização da semiótica como referencial para a interpretação de fenômenos biológicos torna possível entender a vida de um ponto de vista muito diferente daquele que tem dominado as ciências biológicas desde seu surgimento, não sendo razoável abandonar essa perspectiva antes de verificar até onde ela pode levar na explicação dos sistemas vivos.

Na biossemiótica, o foco de atenção não está na seleção natural de replicadores ou no fechamento operacional do sistema autopoietico, mas nas relações mediadas por signos e nos significados de vários agentes semióticos em todos os níveis biológicos, do reconhecimento molecular à distinção de células pertencentes ou não a um organismo (distinção *self/non-self*), da expressão e regulação gênicas à comunicação entre os organismos, da cognição individual à inteligência coletiva de formigas e humanos. Do ponto de vista semiótico, a biologia, como uma ciência do organismo, corresponde ao estudo de possíveis intérpretes de signos, encontrando-se nessa capacidade de interpretar signos na natureza a característica distintiva dos sistemas biológicos, em relação aos sistemas não-biológicos (não-vivos). A peculiaridade das ciências biológicas, em relação às ciências das quais ela depende mas às quais não pode ser reduzida, como a química e a física, reside, para o biossemiotista, no caráter semiótico dos conceitos concernentes à informação biológica. O que acontece numa célula, por exemplo, é mais do que simples química, sendo

necessária, segundo a biossemiótica, a referência implícita ou explícita a conceitos como os de código, informação ou signos para a compreensão da organização das relações no metabolismo celular (ou, de modo mais geral, da organização biológica). Este seria o motivo pelo qual a idéia de informação é utilizada com frequência nas ciências biológicas, consistindo a biossemiótica numa maneira de formular de maneira mais explícita, clara e aprofundada essa idéia, com base nos recursos conceituais e metodológicos desenvolvidos no estudo das linguagens humanas.

A definição biossemiótica da vida implica que a informação (signos ou significados) é conceitualmente primária, enquanto organismos, metabolismo, replicação e evolução são secundários em relação aos processos semióticos. Mas isso traz o seguinte problema: como signos poderiam estar presentes na natureza independentemente da cultura humana? Para preencher a lacuna entre a natureza (física) e a cultura (semiótica), é preciso desenvolver uma teoria capaz de explicar a geração como parte da atividade natural de sistemas físicos, do chamado *significado original* (Haugeland, 1985), e não apenas do significado atribuído pelo observador. Um dos problemas mais sérios com que se defronta a biossemiótica é, exatamente, o de que não há ainda descrições convincentes do surgimento de signos em sistemas puramente físicos.

De qualquer modo, vale a pena investigar quais seriam as implicações de ver a vida como um fenômeno semiótico. Alguns biossemiotistas propõem o requisito de que, ao definirmos a vida como um processo biossemiótico, é preciso especificá-la em termos de organismos e suas funções (Emmeche, 1998). Os organismos são entendidos na biossemiótica como os intérpretes dos signos (ou da informação) encontrados na natureza. A vida pode ser definida, no contexto da biossemiótica, como a interpretação funcional de signos em sistemas materiais auto-organizados (Emmeche, 1998); ou, dito de outra maneira, como uma propriedade de sistemas materiais auto-organizados capazes de utilizar informação de maneira a realizar funções que favoreçam sua adaptação e sobrevivência.

Mas o que é um signo? Uma resposta para essa pergunta pode ser encontrada na teoria dos signos formulada pelo filósofo Charles Sanders Peirce (1839-1914), que tem sido uma das principais inspirações dos biossemiotistas. Um signo, de acordo com Peirce, é algo que representa para alguém alguma outra coisa em algum de seus aspectos ou capacidades. Um signo é constituído, nesses termos, por um conjunto de relações que pode ser representado pelo triângulo semiótico (Figura 1), incluindo os seguintes elementos: o veículo do

signo (chamado por Peirce de “representamen”), o significado (para Peirce, “interpretante”) e o referente (para Peirce, o “objeto”). Quando se tem em vista os sistemas lingüísticos humanos, o referente é um objeto qualquer, seja material ou imaginário; o representamen ou veículo do signo é o que “carrega fisicamente” o signo, o que representa o objeto para a mente; e o significado é um signo equivalente ao objeto na mente do intérprete. A relação entre o representamen (o veículo do signo) e o objeto é indireta (como mostra a linha tracejada na Figura 1), sendo mediada pelo significado. É importante não perder de vista a distinção entre o intérprete (o organismo que interpreta o signo) e o interpretante (o efeito do signo sobre o organismo, que pode ser uma idéia, um pensamento, o desencadeamento de um processo, uma ação específica do intérprete etc.). Do ponto de vista da biossemiótica, a propriedade do veículo do signo de representar alguma outra coisa, fazendo com que se estabeleça uma relação triádica na qual o significado (o interpretante) estabelece uma ligação entre esse veículo (o representamen) e o objeto do signo, é o que permite que os sistemas vivos funcionem como intérpretes de signos e, desse modo, respondam de maneira adequada, adaptativa, à informação disponível em seus ambientes.

Alguns exemplos contribuirão para esclarecer essa definição de signo. Uma impressão de tinta em uma forma característica num pedaço de papel pode ser o representamen (o veículo do signo) de uma palavra, ou seja, de um objeto de uma linguagem, e, num contexto específico, esse veículo pode fazer com que um leitor (um intérprete) pense em um conceito ou imagine um detalhe de algum acontecimento. Desse modo, uma relação triádica se estabelece entre o representamen (a tinta impressa), o objeto (a palavra) e o significado (o interpretante) que a palavra possui para o intérprete. O inter-

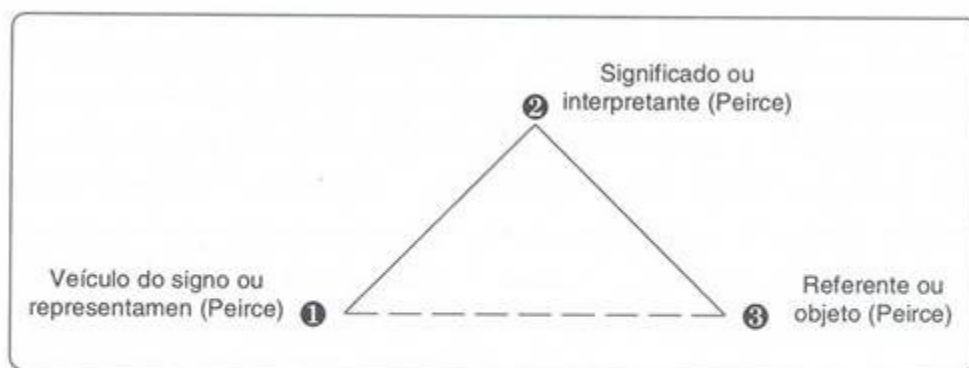


Figura 1. O triângulo semiótico (adaptado de Nöth, 1990)

pretante corresponde, nesse caso, ao significado que a palavra apresenta naquela linguagem e naquele contexto específicos. Considere-se, por exemplo, essa impressão de tinta preta nesse pedaço de papel: "vida". Essa impressão funciona como um representamen de um signo para cada um daqueles que a lêem. O formato dessa impressão remete a um objeto da língua portuguesa, a palavra "vida". A depender do contexto no qual essa palavra é interpretada (no caso, da visão de senso comum ou, em termos científicos, do paradigma da biologia teórica que norteia sua interpretação) e de uma série de convenções da língua portuguesa, ela adquire um significado (interpretante) particular.

Um exemplo biológico interessante é encontrado nos sinais utilizados por animais. Um babuíno, por exemplo, emite um guincho característico quando avista uma cobra, de modo a avisar aos outros babuínos da ameaça, suscitando nestes a reação de subirem imediatamente na árvore mais próxima. O som emitido é o representamen de uma cobra, o objeto. O interpretante, o efeito do signo sobre o organismo, é, nesse caso, uma ação, um interpretante dinâmico, o ato de esconder-se na árvore.

Em sistemas biológicos, é comum que os veículos dos signos sejam coisas físicas, como moléculas ou conjuntos de moléculas. Considerando-se um fenômeno biológico como a distinção, pelo sistema imunológico, entre uma célula própria do organismo e uma célula estranha, quais elementos desse cenário seriam o veículo do signo (o representamen), o significado (o interpretante) e o referente (o objeto)? O objeto ou referente é a própria célula, que deve ser classificada pelo organismo como própria ou estranha, de modo que seja definido se o sistema imunológico deve ou não agir sobre ela. O veículo do signo ou representamen é o conjunto de moléculas na superfície da célula que permite seu reconhecimento como uma célula própria ou estranha ao organismo. E o interpretante corresponde ao significado daqueles sinais moleculares para as células do sistema imunológico, estabelecendo uma ligação entre a presença daquele conjunto de moléculas na superfície celular e a natureza da célula (própria ou estranha ao organismo). O significado media a relação entre o veículo do signo (as moléculas na superfície celular) e o objeto (a célula), permitindo a interpretação desta última como própria ou estranha (a distinção *self/non-self*) e, assim, determinando se o sistema imunológico entrará ou não em ação para eliminá-la. Portanto, o efeito do signo sobre as células do sistema imunológico é, também nesse caso, um interpretante dinâmico.

CONCLUSÃO

A biologia explica a vida como um fenômeno natural. Essa ciência não tem, no entanto, o monopólio sobre o conceito de vida. “Vida” é um conceito que tem, na linguagem cotidiana, muitos outros significados além daqueles atribuídos pelos biólogos. Por exemplo, viver é algo que consideramos bom, por uma grande variedade de motivos, e, certamente, é algo que preferimos, em comparação com o estado morto das coisas. As palavras são utilizadas de modo diferente na ciência e na linguagem cotidiana. Ao explicarmos a vida de um ponto de vista biológico, estamos passando do domínio da linguagem cotidiana, no qual a palavra “vida” denota um conceito vago, com múltiplos significados, ambigüidades, conotações metafóricas, para o domínio da linguagem científica, no qual se exige que os termos sejam definidos de modo mais preciso. O conceito de vida apresenta, de certo modo, uma maior riqueza de significados na linguagem cotidiana do que na linguagem científica. O modo como utilizamos esse conceito em nosso dia-a-dia inclui aspectos que não são preservados nas definições científicas. Na linguagem científica, a riqueza de significados do conceito de vida é sacrificada em prol de uma maior precisão, sempre requerida, ainda que em variados graus, nas definições da ciência. Nessa busca de maior precisão, a vida pode ser classificada, por exemplo, como vida social, vida mental ou vida biológica. No entanto, a categoria biológica é considerada, pela maioria das pessoas (incluindo os cientistas), o domínio dos fenômenos da vida propriamente ditos, em vista da compreensão geral da biologia como a ciência da vida, no sentido mais geral e original do fenômeno. A biologia não pode escapar, portanto, à tarefa de definir e explicar o que é a vida.

É comum, no entanto, entre biólogos e filósofos interessados na biologia, a idéia de que todas as tentativas de formular uma definição satisfatória de vida fracassaram. Alguns biólogos consideram, ainda, que tais questões de definição não têm grande importância para a pesquisa, sendo suficiente estudar organismos concretos (obviamente vivos) e explicá-los do ponto de vista molecular, evolutivo, ecológico etc. Nós procuramos demonstrar, em contraste, que a vida não só pode ser definida e compreendida em seu sentido mais geral, mas também que definições *já existem* em pelo menos três paradigmas da biologia teórica, incluindo a biologia evolutiva neodarwinista, considerada por muitos o eixo central de todo o pensamento biológico. Definições de vida têm um papel importante a cumprir nas ciências biológicas, na medida em que

fornecem uma visão global, sintética, da totalidade dos seres vivos, uma explicação muito geral de que tipo de sistemas físicos são os sistemas vivos. A partir de uma visão paradigmática da vida, seja no neodarwinismo, na teoria da autopoiese ou na biossemiótica, a biologia pode explicar casos particulares de sistemas vivos (como uma mosca, uma tartaruga ou um ser humano), sem jamais perder de vista as razões pelas quais cada um desses organismos, a despeito de suas notáveis diferenças, pode ser caracterizado como diferentes casos de um único modo de existir, a vida.

AGRADECIMENTOS

Charbel El-Hani agradece à CAPES e à Universidade Federal da Bahia pela concessão de uma bolsa PICDT. Os autores agradecem a Élgion Loreto por seus comentários a respeito do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abercrombie, M. et al. (Eds.). (1992) *The Penguin Dictionary of Biology*. London: Penguin.
- Chalmers, A. F. (1995) *O Que É Ciência Afinal?* São Paulo: Brasiliense.
- Dawkins, R. (1979) *O Gene Egoísta*. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP.
- De Duve, C. (1991) *Blueprint for a Cell*. Burlington: Neil Patterson Publ./Carolina Biol. Supply Co.
- Dobzhansky, T. (1973) Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, March: 125-129.
- Emmeche, C. (1997) Autopoietic systems, replicators, and the search for a meaningful biologic definition of life. *Ultimate Reality and Meaning* 20(4): 244-264.
- Emmeche, C. (1998) Defining life as a semiotic phenomenon. *Cybernetics & Human Knowing* 5(1): 3-17.
- Fleischaker, G. (1988) Autopoiesis: The status of its systems logic. *BioSystems* 22: 37-49.
- Foucault, M. (1987) *As Palavras e as Coisas*. São Paulo: Martins Fontes.
- Haugeland, J. (1985) *Artificial Intelligence: The Very Idea*. Cambridge: MIT Press.
- Hoffmeyer, J. (1997) *Signs of Meaning in the Universe*. Bloomington: Indiana University Press.
- Holmes, S. (1985) *Henderson's Dictionary of Biological Terms*. London: Longman.

- Hull, D. L. (1981) Units of evolution: A metaphysical essay, in: Jensen, U. J. & Harré, R. (Eds.). *The Philosophy of Evolution*. New York: St. Martin's Press.
- Judson, H. F. (1979) *The Eighth Day of Creation*. New York: Simon & Schuster.
- Kuhn, T. S. (1979) *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva.
- Maturana, H. R. (1997) *A Ontologia da Realidade* (Organizadores: Magro, C.; Graciano, M. & Vaz, N.). Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Maturana, H. R. & Varela, F. (1980) *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living* (Boston Studies in the Philosophy of Science, Vol. 42). Dordrecht: Reidel.
- Maynard Smith, J. (1986) *The Problems of Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Mayr, E. (1982) *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge: Harvard University, The Belknap Press.
- Monod, J. (1971) *Chance and Necessity*. New York: Knopf.
- Nöth, W. (1990) *Handbook of Semiotics*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Rizzotti, M. (Ed.). (1996) *Defining Life: The Central Problem in Theoretical Biology*. Padova: University of Padova.
- Sarkar, S. (1996) Biological information: A skeptical look at some central dogmas of molecular biology, in: Sarkar, S. (Ed.). *The Philosophy and History of Molecular Biology: New Perspectives*. Dordrecht: Kluwer.
- Stuart, C. I. J. M. (1985) Bio-informational equivalence. *Journal of Theoretical Biology* 113:611-636.
- Varela, F. J. (1979) *Principles of Biological Autonomy*. New York: Elsevier North-Holland.

Para saber mais

- Dawkins, R. (1979) *O Gene Egoísta*. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP.
- Futuyma, D. J. (1992) *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq.
- Maturana H. R. (1997) *A Ontologia da Realidade* (Organizadores: Magro, C.; Graciano, M. & Vaz, N.). Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Murphy, M. P. & O'Neill, L. A. J. (Eds.). (1997) *O Que É Vida? Cinquenta Anos Depois*. São Paulo: UNESP.
- Schrödinger, E. (1997) *O Que É Vida?* São Paulo: UNESP.

Consulte também os seguintes sítios na Internet:

<http://www.nbi.dk/~emmeche/>

Esta é a página pessoal de Claus Emmeche, contendo vários artigos: definições de vida. Inclui um artigo em português: Emmeche, C. & El-Hani, H. Definindo vida, explicando emergência. Série Ciência e Memória, CNPQ/Coordenação de Informação e Documentação, nº 02/99, 1999.

<http://www.nceas.ucsb.edu/~alroy/lefa/lophodon.html>

Esta é uma página sobre a história da biologia evolutiva

<http://members.tripod.com/~dorakmt/evolution/index.html>

Esta é uma página com várias notas elementares sobre biologia evolutiva

<http://130.239.43.10/~rwhit/AT.html>

Esta página, mantida pelo Dr. Randall Whitaker, contém uma grande quantidade de informações sobre a teoria da autopoiese, incluindo apresentações das noções básicas da teoria e um compêndio dos termos e definições centrais no trabalho de Maturana e Varela (a enciclopédia autopoietica). Esta página também está em português, no seguinte endereço:

<http://www.lcc.ufmg.br/autopoiese/>

<http://www.ento.vt.edu/~sharov/biosemin/>

Esta página, de introdução à biossemiótica, contém vários artigos a respeito do assunto.