

## Capítulo I

### A dimensão contemporânea da vida

#### Introdução

A nossa abordagem versa sobre uma nova compreensão da vida em todos os seus níveis, tendo como base fundamental o pensamento de Fritjof Capra<sup>1</sup> acerca de uma nova concepção da realidade, que tem profundas implicações sobre todas as ciências e de especial modo, sobre a concepção de vida contemporânea.

Ele considera a vida como uma grande teia,<sup>2</sup> mostra como a ecologia profunda - a concepção que não separa os seres humanos da natureza - ganha relevância na nova visão contemporânea da realidade, podendo trazer grandes contribuições para as demais ciências.

Fritjof Capra, num primeiro momento parte de uma ciência rígida como a Física e vai aos poucos conseguindo fazer uma inter-relação entre diversas áreas de conhecimento, criando uma nova ciência, mais ampla, capaz de explicar o mundo e a vida de forma mais completa. Ele é um dos grandes pensadores contemporâneos que faz um questionamento relevante sobre a concepção de vida em seu sentido mais profundo e abrangente.

Para Capra somente mediante uma visão integrada que leve em consideração a teoria dos sistemas vivos que seja consistente com o arcabouço filosófico da ecologia profunda, incluindo uma linguagem matemática apropriada

---

<sup>1</sup> CAPRA, FRITJOF é Austríaco de nascimento. Nasceu em 01 de fevereiro de 1939. Obteve seu título de Doutor em Física pela Universidade de Viena em 1966, aos 27 anos. Atualmente é um dos nomes mais significativos na divulgação dos progressos da ciência, da filosofia e da ecologia em nossos dias, indo, porém, sua contribuição muito além da mera popularização dos avanços da ciência moderna. Seu nome está vinculado ao surgimento de uma nova maneira de entender a ciência como um dos veículos para a compreensão da realidade e dos sistemas vivos. Ele escreveu várias obras dentre elas, O Tao da Física, O Ponto de Mutação, Sabedoria Incomum, A Teia da Vida, e co-autor de Pertencendo ao Universo. Dirige atualmente o Centro para Alfabetização Ecológica em Berkeley, Califórnia.

<sup>2</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da vida. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*, São Paulo, Cultrix, 1997; p. 23-24.

e implicando uma compreensão não-mecanicista e pós-cartesiana da vida, que está emergindo nos dias de hoje poderá fornecer o arcabouço fundamental para o diálogo interdisciplinar entre as ciências, capaz de criar uma nova síntese.

1.

### **A concepção de vida em Capra como padrão, estrutura e processo**

Para Capra a emergência e o aprimoramento da concepção de "padrão de organização" tem sido um elemento fundamental para o desenvolvimento dessa nova maneira de pensar.<sup>3</sup>

Segundo o mesmo Capra, de Pitágoras até Aristóteles, Goethe e os biólogos organísmicos, há uma contínua tradição intelectual que luta para entender o padrão, percebendo que ele é fundamental para a compreensão da forma viva. Alexander Bogdanov foi o primeiro a tentar a integração das concepções de organização, de padrão e de complexidade numa teoria sistêmica coerente. Os ciberneticistas focalizaram padrões de comunicação e de controle - em particular, os padrões de causalidade circular subjacentes à concepção de realimentação - e, ao fazê-lo, foram os primeiros a distinguir claramente o padrão de organização de um sistema a partir de sua estrutura física.

A concepção de auto-organização originou-se do reconhecimento da rede como o padrão geral da vida, e foi posteriormente aprimorada por Maturana e Varela<sup>4</sup> em sua concepção de autopoiese.

---

<sup>3</sup>Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 133 ss.

<sup>4</sup>HUMBERTO R. Maturana Ph.D. em Biologia (Harvard, 1958). Nasceu no Chile. Estudou Medicina (Universidade do Chile) e depois Biologia na Inglaterra e EUA. Como biólogo, seu interesse se orienta para a compreensão do ser vivo e do funcionamento do sistema nervoso, e também para a extensão dessa compreensão ao âmbito social humano. É professor da Universidade do Chile. FRANCISCO J. VARELA Ph.D. em Biologia (Harvard, 1970). Nasceu no Chile. Depois de ter trabalhado nos EUA, mudou-se para a França, onde passou a ser diretor de pesquisas do CNRS (Centro Nacional de Pesquisas Científicas) no Laboratório de Neurociências Cognitivas do Hospital Universitário da Salpêtrière, em Paris, além de professor da Escola Politécnica, também em Paris.

Segundo Capra uma nova matemática da complexidade é essencialmente uma matemática de padrões visuais - atratores estranhos, retratos de fase, fractais, e assim por diante - que são analisados no âmbito do arcabouço da topologia, que teve Poincaré como pioneiro.

Precisamos entender segundo Capra a estrutura dos sistemas vivos. Esse entendimento do padrão será, então, de importância fundamental para a compreensão científica da vida. No entanto, para um entendimento pleno de um sistema vivo, o entendimento de seu padrão de organização, embora seja de importância crítica, não é suficiente.

Para Capra a chave para uma teoria abrangente dos sistemas vivos reside na síntese de duas abordagens: o estudo do padrão que ele compreende como forma, ordem ou qualidade e o estudo da estrutura entendida como substância, matéria, ou quantidade. Nesse sentido ele segue as idéias de Humberto Maturana e Francisco Varela em suas definições acerca de padrão de organização e sua estrutura,<sup>5</sup> como critérios fundamentais de um sistema vivo.

Segundo ele mesmo,

O padrão de organização de qualquer sistema vivo ou não-vivo, é a configuração de relações entre os componentes do sistema que determinam as características essenciais desse sistema. Essa configuração de relações que confere a um sistema suas características essenciais é o que entendemos por seu padrão de organização<sup>6</sup>

Assim, pois, a estrutura de um sistema é a incorporação física de seu padrão de organização. Enquanto a descrição do padrão de organização envolve um mapeamento abstrato de relações, a descrição da estrutura envolve a descrição dos componentes físicos efetivos do sistema - suas formas, composições químicas, e assim por diante.

## 1. 1

---

<sup>5</sup>Cf. Maturana, Humberto e Varela, Francisco; *The Tree of Knowledge*, Shambhala, Boston, 1987; p. 47.

<sup>6</sup>Cf. Capra, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 134.

## **Crítérios fundamentais dos sistemas vivos**

Para uma melhor compreensão dos critérios fundamentais dos sistemas vivos pensemos numa máquina tal como a bicicleta, as peças foram planejadas, fabricadas e em seguida reunidas para formar uma estrutura com componentes fixos. Num sistema vivo, ao contrário, os componentes mudam continuamente. Há um incessante fluxo de matéria através de um organismo vivo.

Cada célula sintetiza e dissolve estruturas continuamente, e elimina produtos residuais. Tecidos e órgãos substituem suas células em ciclos contínuos. Há crescimento, desenvolvimento e evolução. Desse modo, a partir do princípio mesmo da biologia, o entendimento da estrutura viva tem sido inseparável do entendimento dos processos metabólicos e desenvolvimentais<sup>7</sup> Essa notável propriedade dos sistemas vivos sugere o processo como um critério para uma descrição abrangente da natureza da vida.

O processo da vida é a atividade envolvida na contínua incorporação do padrão de organização de um sistema. Desse modo, o critério do processo da vida é a ligação entre padrão e estrutura. No caso da bicicleta, o padrão de organização é representado pelos rascunhos de desenho que são utilizados para construir a bicicleta, a estrutura é uma bicicleta física específica e a ligação entre padrão e estrutura está na mente do desenhista.

No entanto, no caso de um organismo vivo, o padrão de organização está sempre incorporado na estrutura do organismo, e a ligação entre padrão e estrutura reside no processo da incorporação contínua. O critério do processo completa o arcabouço conceitual da síntese Capriana acerca da teoria emergente dos sistemas vivos.

Todos os três critérios fundamentais de um sistema vivo: padrão, estrutura e processo são totalmente interdependentes. O padrão de organização só poderá ser reconhecido se estiver incorporado numa estrutura física, e nos sistemas vivos

---

<sup>7</sup> MATURANA, Humberto e Francisco VARELA, *The Tree of Knowledge*, Shambhala, Boston, 1987. p. 33-34

essa incorporação é um processo em andamento. Assim, sendo, estrutura e processo estão inextricavelmente ligados. Pode-se dizer que os três critérios - padrão, estrutura e processo - são três perspectivas diferentes, mas inseparáveis do fenômeno da vida<sup>8</sup>.

Compreender a natureza da vida a partir de um ponto de vista sistêmico significa identificar um conjunto de critérios gerais por cujo intermédio podemos fazer uma clara distinção entre sistemas vivos e não-vivos. Ao longo de toda a história da biologia, muitos critérios foram sugeridos, mas todos eles acabavam se revelando falhos de uma maneira ou de outra. No entanto, as recentes formulações de modelos de auto-organização e a matemática da complexidade indicam que hoje é possível identificar tais critérios.

A idéia-chave da síntese de Capra consiste em expressar esses critérios em termos das três dimensões conceituais como padrão, estrutura e processo. Em síntese, ele entende a autopoiese, tal como é definida por Maturana e Varela, como o padrão da vida (isto é, o padrão de organização dos sistemas vivos);<sup>9</sup> a estrutura dissipativa, tal como é definida por Prigogine, como a estrutura dos sistemas vivos;<sup>10</sup> e a cognição, tal como foi definida inicialmente por Gregory Bateson e mais plenamente por Maturana e Varela, como o processo vital.

Para Capra o padrão de organização é a configuração de relações que determina as características essenciais de um sistema vivo. Já a estrutura seria a incorporação física do padrão de organização do sistema. Enquanto que processo vital vai ser a atividade envolvida na incorporação contínua do padrão de organização de um dado sistema.

Para Capra o padrão de organização determina as características essenciais de um sistema. Em particular, determina se o sistema é vivo ou não-vivo. A autopoiese compreendida como o padrão de organização dos sistemas vivos é, pois, a característica que define a vida na nova teoria. Para descobrir se um determinado sistema, quer seja ele um cristal, um vírus, uma célula ou o planeta Terra é vivo, tudo o que precisamos fazer é descobrir se o seu padrão de

---

<sup>8</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 135.

<sup>9</sup> Cf. MATURANA e VARELA (1987), p. 87 ss

<sup>10</sup> Cf. *Ibidem*, p. 80 – 82.

organização é o de uma rede autopoietica. Se for, estamos lidando com um sistema vivo; se não for, o sistema é não-vivo.

Autopoiese e cognição constituem dois diferentes aspectos do mesmo fenômeno da vida. Na nova teoria, todos os sistemas vivos são sistemas cognitivos, e a cognição sempre implica a existência de uma rede autopoietica. A cognição como o processo da vida, está inextricavelmente ligada com a autopoiese.

Com o critério da estrutura dos sistemas vivos, a situação é ligeiramente diferente. Embora a estrutura de um sistema vivo seja sempre uma estrutura dissipativa, nem todas as estruturas dissipativas são redes autopoieticas.

## 1.2

### **A autopoiese como o padrão da vida**

De acordo com a teoria da autopoiese, um sistema vivo interage com seu meio ambiente por intermédio de "acoplamento estrutural", isto é, por meio de interações recorrentes, cada uma das quais desencadeia mudanças estruturais no sistema. No entanto, esses sistemas vivos são autônomos. O meio ambiente apenas desencadeia as mudanças estruturais; ele não as especifica nem as dirige.<sup>11</sup>

À medida que se mantém interagindo com seu meio ambiente, um organismo vivo sofrerá uma seqüência de mudanças estruturais, e, ao longo do tempo, formará seu próprio caminho individual de acoplamento estrutural.

Agora, uma vez que a estrutura de um organismo, em qualquer ponto de seu desenvolvimento, é um registro de suas mudanças estruturais anteriores, e uma vez que cada mudança estrutural influencia o comportamento futuro do organismo, isso implica que o comportamento do organismo vivo é determinado

---

<sup>11</sup> Cf. Maturana, Humberto e Francisco Varela, *The Tree of Knowledge*, Shambhala, Boston, 1987. p. 77.

pela sua estrutura. Desse modo, um ser vivo é determinado de diferentes maneiras pelo seu padrão de organização e pela sua estrutura.

O padrão de organização determina a identidade do sistema (suas características essenciais); a estrutura, formada por uma seqüência de mudanças estruturais, determina o comportamento do sistema. Na terminologia de Maturana, o comportamento dos sistemas vivos é "determinado pela estrutura" desse mesmo sistema.

Assim como a teoria das estruturas dissipativas de Prigogine, a teoria da autopoiese mostra que a criatividade - a geração de configurações que são constantemente novas - é uma propriedade-chave de todos os sistemas vivos.

Uma forma especial dessa criatividade é a geração de diversidade por meio da reprodução, da simples divisão celular até a dança altamente complexa da reprodução sexual. Para a maioria dos organismos vivos, a ontogenia não é um caminho linear de desenvolvimento, mas sim um ciclo, e a reprodução é um passo vital nesse ciclo.

Segundo Maturana e Varela, desde o início do século, tem sido reconhecido que o padrão de organização de um sistema vivo é sempre um padrão de rede que funciona como uma <sup>12</sup> teia que cria interconectividade, inter-relação e interdependência entre os sistemas vivos. No entanto, também sabemos que nem todas as redes são sistemas vivos.

De acordo com Maturana e Varela, a característica-chave de uma rede viva é que ela produz continuamente a si mesma. "O ser e o fazer dos sistemas vivos são inseparáveis, e esse é o seu modo específico de organização"<sup>13</sup>.

A autopoiese, ou "autocriação", que em última análise é a capacidade de um organismo vivo produzir-se a si mesmo, autofazer-se, é um padrão de rede no qual a função de cada componente consiste em participar da produção ou da transformação dos outros componentes da rede. Dessa maneira, a rede,

---

<sup>12</sup> Cf. Maturana e Varela (1987)...; op. cit; p. 77-78.

<sup>13</sup> Cf. Maturana, Humberto e Francisco Varela, "Autopoiesis: The Organization of the Living", originalmente publicado sob o título *De Maquinas y Seres Vivos*, Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 1972; reimpresso in Maturana e Varela (1980). p. 49.

continuamente, cria a si mesma. Ela é produzida pelos seus componentes e, por sua vez, produz esses componentes.

Maturana e Varela têm utilizado extensamente a biologia da célula para explorar os detalhes das redes autopoieticas. O padrão básico de autopoiese pode ser ilustrado convenientemente pela célula de uma planta. O mais simples dos sistemas vivos que conhecemos é uma célula. Assim como qualquer outra célula, uma célula vegetal típica consiste numa membrana celular que encerra o fluido celular. Esse fluido é uma rica sopa molecular de nutrientes da célula, isto é, dos elementos químicos a partir dos quais a célula constrói suas estruturas. Suspenso no fluido celular, encontramos o núcleo da célula, um grande número de minúsculos centros de produção, onde são produzidos os principais blocos de construção estruturais e várias partes especializadas, denominadas "organelas", que são análogas aos órgãos do corpo.

As mais importantes dessas organelas são as bolsas de armazenamento, os centros de reciclagem, as casas de força e as usinas solares. Assim como a célula como um todo, o núcleo e as organelas são circundados por membranas semipermeáveis que selecionam o que entra e o que sai. A membrana da célula, em particular, absorve alimentos e dissipa resíduos.

O núcleo da célula contém o material genético - as moléculas de ADN transportam a informação genética, e as moléculas de ARN, que são fabricadas pelo ADN para liberar instruções aos centros de produção.<sup>14</sup> O núcleo também contém um "mininúcleo" menor, no qual os centros de produção são fabricados antes de ser distribuídos por toda a célula.

Os centros de produção são corpos granulares nos quais são produzidas as proteínas das células. Estas incluem proteínas estruturais, assim como as enzimas, os catalisadores que promovem todos os processos celulares. Há cerca de quinhentos mil centros de produção em cada célula.

As bolsas de armazenamento são pilhas de bolsas achatadas, um tanto semelhantes a uma pilha de pães de fibra, onde vários produtos celulares são

---

<sup>14</sup> CAPRA, Fritjof, *O Ponto de Mutação*, Editora Cultrix, São Paulo, 1980; p. 119.

armazenados e, em seguida, rotulados, acondicionados e enviados aos seus destinos.

Os centros de reciclagem são organelas que contêm enzimas para digerir alimentos, componentes danificados da célula e várias moléculas não usadas. Os elementos quebrados são, em seguida, reciclados e utilizados na construção de novos componentes das células.

As casas de força executam a respiração celular - em outras palavras, elas usam o oxigênio para quebrar as moléculas orgânicas em dióxido de carbono e água. Isso libera a energia que está aprisionada em transportadores de energia especiais.

Esses transportadores de energia são compostos moleculares complexos que viajam até as outras partes da célula para fornecer energia a todos os processos celulares, conhecidos coletivamente como "metabolismo da célula". Os transportadores de energia atuam como as principais unidades de energia da célula, de maneira parecida com o dinheiro vivo na economia humana. Só recentemente foi descoberto que as casas de força contêm seu próprio material genético e são replicadas independentemente da replicação da célula.

De acordo com a teoria de Lynn Margulis, acerca da evolução das células afirma-se que evoluíram a partir de bactérias simples, que passaram a viver em células complexas maiores há cerca de dois bilhões de anos.<sup>15</sup> Desde essa época, elas têm sido moradoras permanentes em todos os organismos superiores, passando de geração em geração e vivendo em simbiose íntima com cada célula.

Assim como as casas de força, as usinas solares contêm seu próprio material genético e se auto-reproduzem, mas são encontradas somente em plantas verdes. São os centros para a fotossíntese, transformando energia solar, dióxido de carbono e água em açúcares e oxigênio. Então, os açúcares viajam até as casas de força, onde sua energia é extraída e armazenada em transportadores de energia. Para suplementar os açúcares, as plantas também absorvem nutrientes e elementos residuais da terra por meio de suas raízes.

---

<sup>15</sup> Cf. MATURANA e VARELA (1987);... op. cit; p. 193.

Vemos, portanto, segundo Capra, que para se ter uma idéia mesmo aproximada da organização celular, a descrição dos componentes da célula tem de ser muito elaborada; e a complexidade aumenta dramaticamente quando tentamos imaginar como esses componentes da célula estão interligados numa imensa rede, envolvendo milhares de processos metabólicos. As enzimas, por si sós, formam uma intrincada rede de reações catalíticas, promovendo todos os processos metabólicos, e as transportadoras de energia formam uma rede energética correspondente para acioná-las.

Para ilustrar a natureza dessa rede, vamos olhar para um único laço. O ADN<sup>16</sup> no núcleo da célula produz moléculas de ARN, que contêm instruções para a produção de proteínas, inclusive as enzimas. Dentre estas, há um grupo de enzimas especiais que podem reconhecer, remover e substituir seções danificadas do ADN. Sendo que para fazer isso, as enzimas usam o outro cordão de ADN, complementar como um molde para a seção a ser repostada. Assim a dupla hélice de ADN é, pois essencial para esses processos de reparo.

O ADN produz o ARN, que libera instruções para que os centros de produção produzam as enzimas, as quais entram no núcleo da célula para reparar o ADN. Cada componente nessa rede parcial ajuda a produzir ou a transformar outros componentes; desse modo, a rede é claramente autopoietica. O ADN produz o ARN; o ARN especifica as enzimas; e as enzimas reparam o ADN.

Para completar, teríamos de acrescentar os blocos de construção com os quais o ADN, o ARN e as enzimas são feitos; os transportadores de energia alimentam cada um dos processos representados; a geração de energia nas casas de força a partir das moléculas de açúcar quebradas; a produção de açúcares por fotossíntese nas usinas solares; e assim por diante. Em cada adição à rede, veríamos que os novos componentes também ajudam a produzir e a transformar outros componentes e, desse modo, a natureza autopoietica, autocriadora, de toda a rede se tornaria cada vez mais evidente.

---

<sup>16</sup> ADN ou DNA significa ácido desorribonucléico nucléico e RNA quer dizer ácido ribonucléico eles são a sede da informação genética. Foi descoberto pelo americano James Watson e o inglês Francis Crick e publicada na revista científica Nature e no livro a Dupla Hélice, mas antes deles o químico suíço Friedrich Miescher (1844-1895) já havia isolado um século antes esses ácidos nucléicos a partir de bandagens de pus e de esperma de salmões.

O invólucro da membrana celular funciona como uma fronteira da célula, formada por alguns dos componentes da célula, que encerra a rede de processos metabólicos e, desse modo, limita a sua extensão. Ao mesmo tempo, a membrana participa da rede ao selecionar, por meio de filtros especiais, a matéria-prima para os processos de produção, alimentando a célula, e ao mesmo tempo dispersa os resíduos no ambiente exterior. Desse modo, a rede autopoietica cria sua própria fronteira, que define a célula como um sistema distinto e, além disso, é uma parte ativa da rede.

Uma vez que todos os componentes de uma rede autopoietica são produzidos por outros componentes na rede, todo o sistema é organizacionalmente fechado, mesmo sendo aberto com relação ao fluxo de energia e de matéria.<sup>17</sup> Esse fechamento organizacional implica que um sistema vivo é auto-organizador no sentido de que sua ordem e seu comportamento não são impostos pelo meio ambiente, mas são estabelecidos pelo próprio sistema.

Em outras palavras, diz Capra, os sistemas vivos são autônomos. Isto não significa que são isolados do seu meio ambiente. Pelo contrário, interagem com o meio ambiente por intermédio de um intercâmbio contínuo de energia e de matéria. Mas essa interação não determina sua organização<sup>18</sup>, eles são auto-organizadores.

Então, a autopoiese é vista como o padrão subjacente ao fenômeno da auto-organização, ou autonomia, que é tão característico de todos os sistemas vivos. Graças às suas interações com o meio ambiente, os organismos vivos se mantêm e se renovam continuamente, usando, para esse propósito, energia e recursos extraídos do meio ambiente. Além disso, a contínua autocriação também inclui a capacidade de formar novas estruturas e novos padrões de comportamento.

Um ponto sutil, mas importante na definição de autopoiese é o fato de que uma rede autopoietica não é um conjunto de relações entre componentes estáticos como, por exemplo, o padrão de organização de um cristal, mas, sim, um conjunto

---

<sup>17</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 138.

<sup>18</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 140

de relações entre processos de produção de componentes. Se esses processos param, toda a organização também pára. Em outras palavras, redes autopoieticas devem, continuamente, regenerar a si mesmas para manter sua organização. Esta, naturalmente, é uma característica bem conhecida da vida.

Maturana e Varela vêem a diferença das relações entre componentes estáticos e relações entre processos como uma distinção-chave entre fenômenos físicos e biológicos. Uma vez que os processos num fenômeno biológico envolvem componentes, é sempre possível abstrair deles uma descrição desses componentes em termos puramente físicos.

No entanto, os autores argumentam que essa descrição puramente física não captará o fenômeno biológico em sua totalidade. Eles sustentam que uma explicação biológica deve ser elaborada com base nas relações de processos dentro do contexto da autopoiese.

### 1.3

#### **A dissipação como a estrutura da vida**

Os autores Maturana e Varela descrevem o padrão da vida como uma rede autopoietica. Sua ênfase principal está no fechamento organizacional desse padrão. Já Ilya Prigogine descreve a estrutura de um sistema vivo como uma estrutura dissipativa, e de modo especial sua ênfase está, ao contrário, na abertura dessa estrutura ao fluxo de energia e de matéria.

Assim, um sistema vivo é, ao mesmo tempo, aberto e fechado. É estruturalmente aberto, mas organizacionalmente fechado. A matéria flui continuamente através dele, mas o sistema mantém uma forma estável, e o faz de maneira autônoma, por meio da auto-organização.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 141.

Para acentuar essa coexistência aparentemente paradoxal da mudança e da estabilidade, Prigogine introduziu o termo "estruturas dissipativas". Nem todas as estruturas dissipativas são sistemas vivos, e para visualizar a coexistência do fluxo contínuo com a estabilidade estrutural, é mais fácil nos voltarmos para estruturas dissipativas simples e não-vivas.<sup>20</sup>

Uma das estruturas mais simples desse tipo é um vórtice de água fluente. Por exemplo, um redemoinho de água numa banheira. A água flui continuamente pelo vórtice e, não obstante, sua forma característica, as bem-conhecidas espirais e o funil que se estreita, permanecem notavelmente estáveis.

Devido ao fato de que o fluxo básico está dirigido radialmente para dentro, o tubo de vórtices é continuamente espremido pela água, que pressiona contra ele de todos os lados. Essa pressão diminui o seu raio e intensifica ainda mais a rotação.

Usando a linguagem de Prigogine, podemos dizer que a rotação introduz uma instabilidade dentro do fluxo inicial uniforme. A força da gravidade, a pressão da água e o raio do tubo de vórtices que diminui constantemente combinam-se, todos eles, para acelerar o movimento de redemoinho para velocidades sempre maiores. No entanto, essa aceleração contínua não termina numa catástrofe, mas sim, num novo estado estável.

Segundo Capra, metaforicamente podemos visualizar uma célula como um redemoinho de água, isto é, como uma estrutura estável com matéria e energia fluindo continuamente através dela.<sup>21</sup> No entanto, as forças e os processos em ação numa célula são muito diferentes - e muitíssimo mais complexos - do que aqueles que atuam num vórtice.

Capra afirma que embora as forças equilibrantes num redemoinho de água sejam mecânicas - sendo que a força dominante é a da gravidade -, aquelas que se acham em ação nas células são químicas. Mais precisamente, essas forças são os

---

<sup>20</sup> Cf. Idem; p. 142.

<sup>21</sup> Cf. Ibidem, p. 142 ss.

laços catalíticos na rede autopoietica da célula, os quais atuam como laços de realimentação de auto-equilíbrio.

De maneira semelhante, a origem da instabilidade do redemoinho de água é mecânica, surgindo como uma consequência do movimento rotatório inicial. Na célula, há diferentes tipos de instabilidades, e sua natureza é mais química do que mecânica. Elas têm origem, igualmente, nos ciclos catalíticos, que são uma característica fundamental de todos os processos metabólicos.

A propriedade fundamental desses ciclos é a sua capacidade para atuar como laços de realimentação não somente de auto-equilíbrio, mas também de auto-amplificação, os quais podem afastar o sistema, cada vez mais, para longe do equilíbrio, até que seja alcançado um limiar de estabilidade. Esse limiar é denominado "ponto de bifurcação". Trata-se de um ponto de instabilidade, do qual novas formas de ordem podem emergir espontaneamente, resultando em desenvolvimento e em evolução.

Para Maturana e Varela, um ponto de bifurcação representa uma dramática mudança da trajetória do sistema no espaço de fase.<sup>22</sup> Um novo atrator pode aparecer subitamente, de modo que o comportamento do sistema como um todo "se bifurca", ou se ramifica, numa nova direção.

Os estudos detalhados de Prigogine a respeito desses pontos de bifurcação têm revelado algumas fascinantes propriedades das estruturas dissipativas.<sup>23</sup> As estruturas dissipativas formadas por redemoinhos de água ou por furacões só poderão manter sua estabilidade enquanto houver um fluxo estacionário de matéria, vindo do meio ambiente, através da estrutura.

De maneira semelhante, uma estrutura dissipativa viva, como, por exemplo, um organismo, necessita de um fluxo contínuo de ar, de água e de alimento vindo do meio ambiente através do sistema para permanecer vivo e manter sua ordem. A vasta rede de processos metabólicos mantém o sistema num

---

<sup>22</sup> Cf. MATURANA e VARELA (1987); op. cit; p. 117-118.

<sup>23</sup> Cf. MATURANA e VARELA (1987); op. cit; p. 157-1158.

estado afastado do equilíbrio e, através de seus laços de realimentação inerentes, dá origem a bifurcações e, desse modo, ao desenvolvimento e à evolução.

Prigogine enfatiza o fato de que as características de uma estrutura dissipativa não podem ser derivadas das propriedades de suas partes, mas são conseqüências da “organização supramolecular”.<sup>24</sup> Correlações de longo alcance aparecem precisamente no ponto de transição do equilíbrio para o não-equilíbrio, e a partir desse ponto em diante o sistema se comporta como um todo.

Desse modo, a mudança conceitual na ciência defendida por Prigogine é uma mudança de processos reversíveis deterministas para processos indeterminados e irreversíveis. Uma vez que os processos irreversíveis são essenciais à química e à vida, ao passo que a permutabilidade entre futuro e passado é parte integral da física, parece que a reconceitualização de Prigogine deve ser vista no contexto mais amplo em relação com a ecologia profunda, como parte da mudança de paradigma da física para as ciências da vida.<sup>25</sup>

De acordo com Prigogine, as estruturas dissipativas são ilhas de ordem num mar de desordem, mantendo e até mesmo aumentando sua ordem às expensas da desordem maior em seus ambientes. Por exemplo, organismos vivos extraem estruturas ordenadas que funcionam como alimentos de seu meio ambiente, usam-nas como recursos para o seu metabolismo, e dissipam estruturas de ordem mais baixa em forma de resíduos. Dessa maneira, a ordem "flutua na desordem", como se expressa Prigogine.

Prigogine acredita que a mudança conceitual subentendida pela sua teoria das estruturas dissipativas é não apenas fundamental para os cientistas entenderem a natureza da vida, como também nos ajudará a nos integrarmos mais plenamente na natureza.

Em vez de ser uma máquina, a natureza como um todo se revela, em última análise, mais parecida com a natureza humana – imprevisível, sensível ao mundo circunvizinho influenciada por pequenas flutuações. Conseqüentemente, a

---

<sup>24</sup> Cf. PRIGOGINE, Ilya e Isabelle STENGERS (1984), p. 143-144.

<sup>25</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 29.

maneira apropriada de nos aproximarmos da natureza para aprender acerca da sua complexidade e da sua beleza não é por meio da dominação e do controle, mas sim, por meio do respeito, da cooperação e do diálogo.

No mundo determinista de Newton, não há história e não há criatividade. No mundo vivo das estruturas dissipativas, a história desempenha um papel importante, o futuro é incerto e essa incerteza está no cerne da criatividade.

Prigogine afirma que “o mundo que vemos fora de nós e o mundo que vemos dentro de nós estão convergindo. Essa convergência dos dois mundos é, talvez, um dos eventos culturais importantes da nossa era.”<sup>26</sup>

Humberto Maturana e Francisco Varela seguiram uma estratégia semelhante quando desenvolveram sua teoria da autopoiese, o padrão de organização dos sistemas vivos. Eles se perguntaram acerca da incorporação mais simples de uma rede autopoietica que fosse possível de ser descrita matematicamente de forma lógica.

Assim como Prigogine, eles descobriram que até mesmo a célula mais simples era por demais complexa para um modelo matemático. Por outro lado, também compreenderam que, uma vez que o padrão da autopoiese é a característica que define um sistema vivo, não há, na natureza, um sistema autopoietico mais simples do que uma célula.

O biólogo e filósofo Gail Fleischaker resumiu muito bem as propriedades de uma rede autopoietica em termos de três critérios: o sistema deve ser autolimitado, autogerador e autoperpetuador.<sup>27</sup> Ser *autolimitado* significa que a extensão do sistema é determinada por uma fronteira que é parte integral da rede. Ser *autogerador* significa que todos os componentes, inclusive os da fronteira, são produzidos por processos internos à rede. Ser *autoperpetuador* significa que os processos de produção continuam ao longo do tempo, de modo que todos os

---

<sup>26</sup> Cf. PRIGOGINE, Ilya, "The Philosophy of Instability", *Futures*, 21, 4, (1989); p. 396-401.

<sup>27</sup> Cf. FLEISCHAKER, Gail Raney, "Origins of Life: An Operational Definition", *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 20, 127-37, 1990. Cf. FLEISCHAKER, Gail Raney (org.), "Autopoiesis in Systems Analysis: A Debate", *International Journal of General Systems*, vol. 21, nº 2, 1992.

componentes são continuamente repostos pelos processos de transformação do sistema.

A autopoiese pode ser definida, portanto como um padrão de rede no qual a função de cada componente consiste em participar na produção ou na transformação de outros componentes.

#### 1.4

#### **A cognição como o processo vital**

Os três critérios fundamentais da vida – padrão estrutura e processo - estão a tal ponto estreitamente entrelaçados que é difícil discuti-los separadamente, embora seja importante distingui-los entre si. Ao compreendemos a autopoiese como o padrão da vida, devemos percebê-la sempre como um conjunto de relações entre processos de produção; e uma estrutura dissipativa que só pode ser entendida por intermédio de processos metabólicos e desenvolvimentais. A dimensão do processo está desse modo, implícita tanto no critério do padrão como no da estrutura.

Na teoria emergente dos sistemas vivos, compreende-se o processo da vida como a incorporação contínua de um padrão de organização autopoietico numa estrutura dissipativa que é identificado com a cognição, isto é, o processo do conhecer. Isso implica uma concepção radicalmente nova de mente, que é talvez o aspecto mais revolucionário e mais instigante dessa teoria, uma vez que ela promete, finalmente, superar a divisão cartesiana entre mente e matéria.

De acordo com a teoria dos sistemas vivos, a mente não é uma coisa, mas sim um processo - o próprio processo da vida. Em outras palavras, a atividade organizadora dos sistemas vivos, em todos os níveis da vida, é a atividade

mental.<sup>28</sup> As interações de um organismo vivo - planta, animal ou ser humano - com seu meio ambiente são interações cognitivas, ou mentais. Desse modo, a vida e a cognição se tornam inseparavelmente ligadas. A mente - ou, de maneira mais precisa, o processo mental - é imanente na matéria em todos os níveis da vida.

A nova concepção de mente foi desenvolvida, independentemente, por Gregory Bateson<sup>29</sup> e por Humberto Maturana na década de 60. Bateson, que participou regularmente das lendárias Conferências Macy nos primeiros anos da cibernética, foi um pioneiro na aplicação do pensamento sistêmico e dos princípios da cibernética em diversas áreas. Em particular, desenvolveu uma abordagem sistêmica para a doença mental e um modelo cibernético do alcoolismo, que o levou a definir "processo mental" como um fenômeno sistêmico característico dos organismos vivos.

Bateson<sup>30</sup> discriminou um conjunto de critérios aos quais os sistemas precisam satisfazer para que a mente ocorra. Qualquer sistema que satisfaça esses critérios será capaz de desenvolver os processos que associamos com a mente, aprendizagem, memória, tomada de decisões, e assim por diante.

Na visão de Bateson, esses processos mentais são uma consequência necessária e inevitável de uma certa complexidade que começa muito antes de os organismos desenvolverem cérebros e sistemas nervosos superiores. Ele também enfatizou o fato de que a mente se manifesta não apenas em organismos individuais, mas também em sistemas sociais e em ecossistemas.

Bateson apresentou sua nova concepção de processo mental, pela primeira vez, em 1969, no Havaí, num artigo que divulgou numa conferência sobre saúde

---

<sup>28</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 144.

<sup>29</sup> GREGORY BATESON nasceu em Cambridge, em 9 de maio de 1904, e morreu nos Estados Unidos, em 4 de julho de 1980. Começou seus estudos em história natural ainda em Cambridge e graduou-se em antropologia. Bateson se interessou por uma vasta gama de assuntos, especialmente acerca da interdisciplinaridade que foi para ele um projeto de vida. Escreveu vários trabalhos dentre eles: Naven; a survey of the problems suggested by a composite picture of the culture of a New Guinea tribe drawn from three points of view. Cambridge: Cambridge University Press, 1936; Mead, Margaret. Balinese character; a photographic analysis. Special Publications of the New York Academy of Sciences., vol. 2. Nova York: New York: Academy of Sciences, 1942; Mind and nature; a necessary unity. Londres: Wilwood House, 1979; Steps to an ecology of mind. Nova York: Ballantine Books, 1985; A sacred unity; further steps to an ecology of mind. Nova York: Harper Collins, 1991.

<sup>30</sup> Cf. BATESON, Gregory, *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Dutton, Nova York, 1979; p. 89ss. Cf. também Apêndice, p. 236 ss.

mental.<sup>31</sup> Foi nesse mesmo ano que Maturana apresentou uma formulação diferente da mesma idéia básica na conferência sobre cognição organizada por Heinz von Foerster, em Chicago.<sup>32</sup>

Portanto, dois cientistas, ambos fortemente influenciados pela cibernética, chegaram simultaneamente à mesma concepção revolucionária de mente. No entanto, seus métodos eram muito diferentes, assim como o eram as linguagens por cujo intermédio descreveram sua descoberta revolucionária.

Todo o pensamento de Bateson era desenvolvido em termos de padrões e de relações. Seu principal objetivo, assim como o de Maturana, era descobrir o padrão de organização comum a todas as criaturas vivas. "Que padrão", indagava ele, "conecta o caranguejo com a lagosta e a orquídea com a primavera e todos os quatro comigo? E eu com você?"<sup>33</sup> Ele pensava que, para descrever a natureza com precisão, deve-se tentar falar a linguagem da natureza, a qual, insistia, é uma linguagem de relações. Para ele, as relações constituem a essência do mundo vivo. A forma biológica consiste em relações, e não em partes.

Bateson desenvolveu intuitivamente seus critérios de processo mental, a partir de sua aguda observação do mundo vivo. Era claro para ele que o fenômeno da mente estava inseparavelmente ligado com o fenômeno da vida. Quando olhava para o mundo vivo, reconhecia sua atividade organizadora como sendo, essencialmente, uma atividade mental. Em suas próprias palavras, "a mente é a essência do estar vivo".<sup>34</sup>

Não obstante o seu lúcido reconhecimento da unidade da mente e da vida - ou da mente e da natureza, como ele diria -, Bateson nunca perguntou sobre o seria a vida. Ele nunca sentiu necessidade de desenvolver uma teoria, ou mesmo um modelo, dos sistemas vivos que pudesse fornecer um arcabouço conceitual para seus critérios de processo mental. Desenvolver esse arcabouço foi precisamente a abordagem de Maturana. Por coincidência ou seria talvez por intuição? Maturana se debateu, simultaneamente, com duas questões que, para ele,

<sup>31</sup> BATESON, Gregory, *Steps to an Ecology of Mind*, Ballantine, Nova York, 1972; p. 478.

<sup>32</sup> Idem; p.87.

<sup>33</sup> BATESON, Gregory, *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Dutton, Nova York, 1979.p. 8.

<sup>34</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *Sabedoria Incomum...*; op. cit; p. 88.

pareciam levar a sentidos opostos: o sentido da natureza da vida e o que seria a cognição<sup>35</sup>.

Finalmente, ele acabou descobrindo que a resposta à primeira questão - a autopoiese - lhe fornecia o arcabouço teórico para responder à segunda. O resultado é uma teoria sistêmica da cognição, desenvolvida por Maturana e Varela, que às vezes é chamada de teoria de Santiago. A intuição central da teoria de Santiago é a mesma que a de Bateson - a identificação da cognição, o processo do conhecer, com o processo da vida.<sup>36</sup> Isso representa uma expansão radical da concepção tradicional de mente.

De acordo com a teoria de Santiago, o cérebro não é necessário para que a mente exista. Uma bactéria, ou uma planta, não tem cérebro, mas tem mente. Os organismos mais simples são capazes de percepção, e, portanto de cognição. Eles não vêem, mas, não obstante, percebem mudanças em seu meio ambiente - diferenças entre luz e sombra, entre quente e frio, concentrações mais altas e mais baixas de alguma substância química, e coisas semelhantes.

A nova concepção de cognição, o processo do conhecer, é, pois, muito mais ampla que a concepção do pensar. Ela envolve percepção, emoção e ação, ou seja, engloba todo o processo da vida. No domínio humano, a cognição também inclui a linguagem, o pensamento conceitual e todos os outros atributos da consciência humana. No entanto, a concepção geral é muito mais ampla e não envolve necessariamente o pensar.

Capra afirma que a teoria de Santiago fornece o primeiro arcabouço científico coerente que, de maneira efetiva supera a divisão cartesiana. Mente e matéria não surgem mais como pertencendo a duas categorias separadas, mas são concebidas como representando, simplesmente, diferentes aspectos ou dimensões do mesmo fenômeno da vida.<sup>37</sup>

---

<sup>35</sup>Cf. CAPRA, Fritjof; *Uncommon Wisdom*, Simon & Schuster, Nova York, 1988. (*Sabedoria Incomum*, Editora Cultrix, São Paulo, 1980; p. 86-87.

<sup>36</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *Sabedoria Incomum...*; op. cit; p. 209 ss.

<sup>37</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 146

Os neurocientistas sabiam, desde o século XIX, que as estruturas cerebrais e as funções mentais estão intimamente ligadas, mas a exata relação entre mente e cérebro sempre permaneceu um mistério. Até meados de 1994, os editores de uma antologia intitulada *Consciousness in Philosophy and Cognitive Neuroscience* afirmaram sinceramente em sua introdução: “Mesmo que todos concordem com o fato de que a mente tem algo a ver com o cérebro, ainda não existe um acordo geral quanto à natureza exata da relação entre ambos”.<sup>38</sup>

Na teoria de Santiago, a relação entre mente e cérebro é simples e clara. A caracterização, feita por Descartes, da mente como sendo "a coisa pensante" (*res cogitans*) finalmente é abandonada. A mente não é mais compreendida como uma coisa, mas um processo - o processo de cognição, que é identificado com o processo da vida. O cérebro é uma estrutura específica por meio da qual esse processo opera. Portanto, a relação entre mente e cérebro é uma relação entre processo e estrutura.

O cérebro não é, naturalmente, a única estrutura por meio da qual o processo de cognição opera. Toda a estrutura dissipativa do organismo participa do processo da cognição, quer o organismo tenha ou não um cérebro e um sistema nervoso superior.

Pesquisas indicam fortemente que, no organismo humano, o sistema nervoso, o sistema imunológico e o sistema endócrino, os quais, tradicionalmente, têm sido concebidos como três sistemas separados, formam na verdade uma única rede cognitiva.<sup>39</sup>

A nova síntese de mente, matéria e vida envolve duas unificações conceituais. A interdependência entre padrão e estrutura permite-nos integrar duas abordagens da compreensão da natureza, as quais têm-se mantido separadas e competindo uma com a outra ao longo de toda a história da ciência e da filosofia ocidentais.

---

<sup>38</sup> Cf. REVONSUO, Antti e Matti KAMPPINEN (orgs.), *Consciousness in Philosophy and Cognitive Neuroscience*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, 1994; p. 5.

<sup>39</sup> Cf. REVONSUO, Antti e Matti KAMPPINEN (orgs); op. cit. 221 ss.

A interdependência entre processo e estrutura nos permite curar a ferida aberta entre mente e matéria, a qual tem assombrado nossa era moderna desde Descartes. Juntas, essas duas unificações fornecem as três dimensões conceituais interdependentes para a nova compreensão científica da vida.

## 1. 5.

### O desdobramento da vida

Capra salienta que desde os primórdios da biologia, filósofos e cientistas têm notado que as formas vivas, de muitas maneiras aparentemente misteriosas, combinam a estabilidade da estrutura com a fluidez da mudança, tendendo a se dissipar.

“Como redemoinhos de água, elas dependem de um fluxo constante de matéria através delas; como chamas, transformam os materiais de que se nutrem para manter sua atividade e para crescer; mas, diferentemente dos redemoinhos ou das chamas, as estruturas vivas também se desenvolvem, reproduzem e evoluem”<sup>40</sup>.

Na década de 40, Ludwig von Bertalanffy chamou essas estruturas vivas de "sistemas abertos" para enfatizar o fato de elas dependerem de contínuos fluxos de energia e de recursos. Ele introduziu o termo *Fliessgleichgewicht*, isto é, "equilíbrio fluente" para expressar a coexistência de equilíbrio e de fluxo, de estrutura e de mudança, em todas as formas de vida<sup>41</sup>.

Posteriormente, os ecologistas começaram a visualizar ecossistemas por meio de fluxogramas, mapeando os caminhos da energia e da matéria em várias teias alimentares. Esses estudos estabeleceram a reciclagem como o princípio-chave da ecologia. Sendo sistemas abertos, todos os organismos de um ecossistema produzem resíduos, mas o que é resíduo para uma espécie é alimento para outra, de modo que os resíduos são continuamente reciclados e o ecossistema como um todo geralmente permanece isento de resíduos.

<sup>40</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 147.

<sup>41</sup> Cf. CAPRA, Fritjof; *A Teia da Vida...*; op. cit; p. 54. Cf. também BERTALANFFY, Ludwig Von, *General System Theory*, Braziller, Nova York, 1968; p. 121.

As cadeias alimentares reais só podem ser entendidas no contexto de teias alimentares muito mais complexas, nas quais os elementos nutrientes básicos aparecem em vários compostos químicos.

Nosso conhecimento dessas teias alimentares tem-se expandido e aprimorado de maneira considerável graças à teoria de Gaia de James Lovelock, que mostra o complexo entrelaçamento de sistemas vivos e não-vivos ao longo de toda a biosfera que compreende as plantas, rochas, animais, gases atmosféricos, microorganismos e oceanos.

Uma das características mais recompensadoras da teoria dos sistemas vivos é a nova compreensão da evolução que ela implica. Em vez de ver a evolução como o resultado de mutações aleatórias e de seleção natural, estamos começando a reconhecer o desdobramento criativo da vida em formas de diversidade e de complexidade sempre crescentes como uma característica inerente de todos os sistemas vivos.

Nas palavras de James Lovelock:

A evolução dos organismos vivos está tão estreitamente acoplada com a evolução do seu meio ambiente que, juntas, elas constituem um único processo evolutivo.<sup>42</sup>

Portanto, a força motriz da evolução, de acordo com a nova teoria emergente, deve ser encontrada não em eventos casuais de mutações aleatórias, mas sim, na tendência inerente da vida para criar novidade, na emergência espontânea de complexidade compreendida como aquilo que se tece junto. Característica de uma totalidade que se tece e entretece em interdependência e não pode ser decomposta e na ordem crescentes.

Essa nova visão tem forçado biólogos e demais cientistas a reconhecer a importância vital da cooperação no processo evolutivo. Estamos começando a reconhecer a cooperação contínua e a dependência mútua entre todas as formas de vida como aspectos centrais da evolução.

---

<sup>42</sup>Cf. LOVELOCK, James, *Healing Gaia*, Harmony Books, Nova York, 1991; p. 99.

Nas palavras de Margulis e de Sagan: “A vida não se apossa do globo pelo combate, mas sim, pela formação de redes”<sup>43</sup>. A vida deu um outro passo para além da rede de livre transferência genética em direção à sinergia da simbiose. Organismos separados misturavam-se, criando novas totalidades que eram maiores do que a soma das suas partes<sup>44</sup>.

A vida é muito menos uma luta competitiva pela sobrevivência do que um triunfo da cooperação e da criatividade. Na verdade, desde a criação das primeiras células nucleadas, a evolução procedeu por meio de arranjos de cooperação e de co-evolução cada vez mais intrincados.

A identificação da mente, ou cognição, com o processo da vida é uma idéia radicalmente nova para a ciência, mas é também uma das intuições mais profundas e mais arcaicas da humanidade. Nas línguas mais antigas, essas duas idéias são expressas por meio da metáfora do sopro da vida. De fato, as raízes etimológicas de "alma" e "espírito" significam "sopro", "alento", em muitas línguas antigas. As palavras para "alma" em sânscrito (*atman*), em grego (*pneuma*) e em latim (*anima*) significam, todas elas, "alento". O mesmo é verdadeiro para a palavra que designa "espírito" em latim (*spiritus*), em grego (*psyche*) e em hebraico (*ruah*). Todas essas palavras também significam "alento".

A antiga intuição comum que está por trás de todas essas palavras é a da alma ou espírito como o sopro da vida. De maneira semelhante, a concepção de cognição na teoria de Santiago vai muito além da mente racional, pois inclui todo o processo da vida.

Em termos dos três critérios fundamentais para os sistemas vivos que são a estrutura, padrão e processo, podemos dizer que o processo da vida consiste em todas as atividades envolvidas na contínua incorporação do padrão de organização autopoietico do sistema numa estrutura dissipativa física.

Assim, pois, o fenômeno específico subjacente ao processo de cognição é o acoplamento estrutural. Desse modo, a cognição não é a representação de um

---

<sup>43</sup> Ibidem; 15.

<sup>44</sup> Idem; 119.

mundo que existe de maneira independente, mas, em vez disso, é uma contínua atividade de criar um mundo por meio do processo de viver. As interações de um sistema vivo com seu meio ambiente são interações cognitivas, e o próprio processo da vida é um processo de cognição. Nas palavras de Maturana e de Varela: “Viver é conhecer”<sup>45</sup>.

A cognição envolve atividades que estão inextricavelmente ligadas: a manutenção e a persistência da autopoiese e a criação de um mundo. Um sistema vivo é uma rede multiplamente interconectada cujos componentes estão mudando constantemente e sendo transformados e repostos por outros componentes.

Há, portanto, grande fluidez e flexibilidade nessa rede, que permite ao sistema responder, de uma maneira muito especial, a perturbações, ou "estímulos", provenientes do meio ambiente. Além disso, o fluxo de nutrientes através dos organismos de um ecossistema nem sempre é suave e uniforme, mas, com frequência, procede em pulsos, solavancos e transbordamentos.

Nas palavras de Prigogine e Stengers,

"O fluxo de energia que cruza (um organismo) assemelha-se, de algum modo, ao fluxo de um rio que, em geral, corre suavemente, mas de tempos em tempos cai numa queda d'água, que libera parte da energia que contém"<sup>46</sup>.

O entendimento das estruturas vivas como sistemas abertos forneceu uma nova e importante perspectiva, mas não resolveu o quebra-cabeça da coexistência entre estrutura e mudança, entre ordem e dissipação, até que Ilya Prigogine<sup>47</sup> formulou sua teoria das estruturas dissipativas.<sup>48</sup> Assim como Bertalanffy combinara as concepções de fluxo e de equilíbrio para descrever sistemas abertos.

Prigogine combinou "dissipativa" e "estrutura" para expressar as duas tendências aparentemente contraditórias que coexistem em todos os sistemas

<sup>45</sup>Cf. Maturana, Humberto e Francisco Varela, *The Tree of Knowledge...; op. cit.*; p. 174.

<sup>46</sup> Cf. Prigogine, Ilya; I. Stengers, *Order out of Chaos*, Bantam, Nova York, 1984; p.156

<sup>47</sup> Ilya Prigogine nasceu em Moscou no dia 25 de Janeiro de 1917 e faleceu em Bruxelas em 28 de Maio de 2003. Ganhou o Prêmio Nobel de Química de 1977 pelos seus estudos em termodinâmica de processos irreversíveis com a formulação da teoria das estruturas dissipativas. Foi professor da Universidade Livre de Bruxelas e da Universidade do Texas, Austin. Autor de diversos livros, entre eles: *Entre o tempo e a eternidade* e *O fim das certezas*.

<sup>48</sup>Cf. Prigogine, Ilya, "Dissipative Structures in Chemical Systems", in Stig Claesson (org.), *Fast Reactions and Primal Processes in Chemical Kinetics*, Interscience, Nova York, 1967.

vivos. No entanto, a concepção de Prigogine de estrutura dissipativa vai muito além da de sistema aberto, uma vez que também inclui a idéia de pontos de instabilidade, nos quais novas estruturas e novas formas de ordem podem emergir.

A teoria de Prigogine interliga as principais características das formas vivas num arcabouço conceitual e matemático coerente, que implica uma reconceitualização radical de muitas idéias fundamentais associadas com a estrutura, ou seja, uma mudança de percepção da estabilidade para a instabilidade, da ordem para a desordem, do equilíbrio para o não-equilíbrio, do ser para o vir-a-ser.

No centro da visão de Prigogine está a coexistência de estrutura e mudança, de "quietude e movimento", como ele, eloqüentemente, explica com relação a uma antiga escultura:

“Cada grande período da ciência tem levado a algum modelo da natureza. Para a ciência clássica, era o relógio; para a ciência do século XIX, o período da Revolução Industrial, era uma máquina parando. Qual será o símbolo para nós? O que temos em mente pode talvez ser expresso por meio de uma referência à escultura, da arte indiana ou pré-colombiana até a nossa época. Em algumas das mais belas manifestações da escultura, seja ela uma representação de Shiva dançando ou os templos em miniatura de Guerrero, aparece muito claramente a procura de uma junção entre quietude e movimento, entre tempo parado e tempo passando”<sup>49</sup>.

## **A modo de conclusão**

Um organismo vivo é caracterizado por um fluxo e uma mudança contínuos no seu metabolismo, envolvendo milhares de reações químicas. O equilíbrio químico e térmico ocorre quando todos esses processos param. Em outras palavras, um organismo em equilíbrio é um organismo morto.

Organismos vivos se mantêm continuamente num estado afastado do equilíbrio, que é o estado da vida. Embora muito diferente do equilíbrio, esse

---

<sup>49</sup> Cf. PRIGOGINE, Ilya e Isabelle STENGERS (1984) ...; op. cit; p. 22-23.

estado é, não obstante, estável ao longo de extensos períodos de tempo, e isso significa que, como acontece num redemoinho de água, a mesma estrutura global é mantida a despeito do fluxo em andamento e da mudança dos componentes.

Todos os sistemas vivos são redes de componentes menores, e a teia da vida como um todo é uma estrutura em muitas camadas de sistemas vivos aninhados dentro de outros sistemas vivos, ou seja, redes dentro de redes interconectadas.

Organismos são agregados de células autônomas, porém estreitamente acopladas; populações são redes de organismos autônomos pertencentes a uma única espécie; e ecossistemas são teias de organismos, tanto de uma só célula como multicelulares, pertencentes a muitas espécies diferentes.

O que é comum a todos esses sistemas vivos é que seus menores componentes vivos são sempre células, e portanto, podemos dizer que todos os sistemas vivos, em última análise, são autopoieticos. No entanto, também é interessante indagar se os sistemas maiores formados por essas células autopoieticas - os organismos, as sociedades e os ecossistemas - são, em si mesmos, redes autopoieticas. A característica central de um sistema autopoietico está no fato de que ele passa por contínuas mudanças estruturais enquanto preserva seu padrão de organização semelhante a uma teia.

Já as mudanças estruturais são mudanças de auto-renovação. Todo organismo vivo renova continuamente a si mesmo, com células parando de funcionar ou, gradualmente e por etapas, construindo estruturas, tecidos e órgãos repondo suas células em ciclos contínuos. Não obstante essas mudanças em andamento, o organismo mantém sua identidade, ou padrão de organização global. Desde as formas de vida mais arcaicas e mais simples até as formas contemporâneas, mais intrincadas e mais complexas, a vida tem se desdobrado numa dança contínua sem jamais quebrar o padrão básico de suas redes autopoieticas.

A teoria dos sistemas vivos nos fornece um arcabouço conceitual para o elo entre comunidades ecológicas e comunidades humanas. Ambos são sistemas

vivos que exibem os mesmos princípios básicos de organização. Trata-se de redes que são organizacionalmente fechadas, mas abertas aos fluxos de energia e de recursos; suas estruturas são determinadas por suas histórias de mudanças estruturais; são inteligentes devido às dimensões cognitivas inerentes aos processos da vida.

Em suma reconectar-se com a teia da vida significa construir, nutrir e educar comunidades sustentáveis, nas quais podemos satisfazer nossas aspirações e nossas necessidades sem diminuir as chances das gerações futuras. Portanto, uma comunidade de vida diversificada é uma comunidade flexível, capaz de se adaptar a situações mutáveis, sustentada por uma teia de relações, que enriquecerá, por conseguinte toda a comunidade de vida.