

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E FILOSOFIA**  
**DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA**

**CÁSSIO SILVEIRA GOMIDES**

**“O QUE É VIDA?”:**  
**UM RETORNO AO ESTUDO DO SER VIVO**

Goiânia  
2006



CÁSSIO SILVEIRA GOMIDES

**“O QUE É VIDA?”:  
UM RETORNO AO ESTUDO DO SER VIVO**

Monografia apresentada ao curso de filosofia da Faculdade de Ciências Humanas e Filosofia da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de bacharel em filosofia.

**Orientador:** Prof. Dr. Arthur Araújo

Goiânia  
2006



CÁSSIO SILVEIRA GOMIDES

**“O QUE É VIDA?”:  
UM RETORNO AO ESTUDO DO SER VIVO**

Monografia apresentada ao curso de filosofia da Faculdade de Ciências Humanas e Filosofia da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de bacharel em filosofia, apresenta e aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Arthur Araújo (presidente)

---

Prof. Dr. José Gonzalo Armijos Palácios (membro)

---

Prof. Ms. Marcos Campos Botelho (membro)



## AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador desta monografia, Arthur Araújo, pela confiança e dedicação.

À minha mãe, por tudo e mais um pouco e ao meu pai pelo apoio a distância.

Aos meus amigos, pela paciência e incentivo, em especial à Regina pelo apoio nas horas difíceis do começo.

À Cristiane, meu grande amor, por estar do meu lado e me trazer a confiança de que eu posso.



“É muito evidente agora que a vida não começa nunca. Ela continua”.

François Jacob (biólogo francês)



## Lista de Figuras

|           |                                     |    |
|-----------|-------------------------------------|----|
| Figura 01 | Teia Alimentar .....                | 19 |
| Figura 02 | Laço Fechado de Realimentação ..... | 19 |
| Figura 03 | Crescimento Malthusiano .....       | 23 |
| Figura 04 | Crescimento com taxa de 1,7% .....  | 24 |
| Figura 05 | Crescimento com taxa de 2,7% .....  | 24 |
| Figura 06 | Crescimento com taxa de 3,7% .....  | 25 |
| Figura 07 | Crescimento com taxa de 04% .....   | 25 |
| Figura 08 | Uma Rede simples .....              | 38 |

## Lista de Quadros

|           |                                                  |    |
|-----------|--------------------------------------------------|----|
| Quadro 01 | Ciência Clássica e Ciência Moderna .....         | 09 |
| Quadro 02 | Preceitos Cartesianos e Preceitos Sistêmicos ... | 17 |
| Quadro 03 | Ordem e Complexidade .....                       | 31 |

# SUMÁRIO

|         |                                                  |
|---------|--------------------------------------------------|
| 01      | LISTA DE FIGURAS .....                           |
| 01      | LISTA DE QUADROS .....                           |
| 02      | SUMÁRIO .....                                    |
| 1<br>03 | INTRODUÇÃO .....                                 |
| 2<br>07 | A NATUREZA DA VIDA .....                         |
| 3<br>18 | AUTOPOIESE: O PADRÃO DA VIDA .....               |
| 4<br>29 | ESTRUTURA DISSIPATIVA: A ESTRUTURA DA VIDA ..... |
| 5<br>36 | COGNIÇÃO: O PROCESSO DA VIDA .....               |
| 6<br>44 | CONCLUSÕES .....                                 |
| 47      | NOTAS .....                                      |

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| 50 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... |
|----|----------------------------------|

## Introdução

*O Presidente da Comissão de Ciência e Tecnologia provinha da Ásia Oriental e era mulher. Chamava-se Chee Li-hsing e os trajes transparentes que usava — encobrindo o que queria encobrir só pelo brilho — davam a impressão de que andava envolta em plástico.*

*— Eu compreendo que você queira ter todos os direitos humanos — disse ela. — A história também registra momentos em que populações inteiras lutaram para conquistar a plenitude dos direitos humanos. Mas quais são os que você acha que lhe faltam.*

*— Uma coisa bem simples, como, por exemplo, o meu direito à vida — afirmou Andrew. — Um robô pode ser destruído a qualquer hora.*

*— Com o homem acontece o mesmo.*

*— Sim, mas para que seja executado existem procedimentos legais. E para a minha destruição não há necessidade de processo nenhum. Basta uma ordem, dada por autoridade competente, e estou perdido. Depois... depois...*

*Andrew fez um esforço desesperado para não demonstrar qualquer sinal de que estivesse implorando alguma coisa, mas se deixou trair por esgares faciais — tão cuidadosamente programados quando foi feito — e pelo tom de voz.*

*— Na verdade, o que eu quero é ser homem. Venho sonhando com isso há seis gerações de seres humanos.*

*Li-hsing contemplou-o com a maior compreensão nos olhos escuros.*

*— A legislatura pode promulgar uma lei que o declare como tal. Querendo, pode até decretar que uma estátua de pedra seja considerada como pessoa humana. Mas a possibilidade de que isso aconteça é tão remota no primeiro como no segundo caso (I. Asimov, O homem bicentenário, 1972).*

Andrew é um robô. Neste momento da estória, ele está solicitando ao congresso mundial que o considere humano e, portanto, vivo. A petição é negada neste momento, mas ocorre-me uma questão, em que base ela é negada? Neste momento Andrew, um robô, é indistinguível de um ser humano na aparência e, como podemos notar pelo texto, no comportamento. Creio que decidir se Andrew é humano ou não é uma questão muito complexa para ser abordada neste estudo. Mas se Andrew pretende ser humano deve antes ser considerado vivo e não me parecem eficientes, mediante a ciência clássica, os critérios para se distinguir algo vivo de algo não-vivo.

Assim nas próximas paginas, será apresentada uma discussão sobre o que vem a ser “vida” e suas principais características na ciência contemporânea.

Como vimos na pequena estória acima, a distinção de vida e não-vida é relevante em diversas áreas do conhecimento e ciências dos seres humanos. Saber se um determinado objeto é vivo determina a maneira como vamos lidar com ele e como vamos estudá-lo. Questões técnicas e éticas são determinadas a partir da atribuição de vida a um determinado objeto. A partir da implantação de um novo conceito de vida surgem novos e instigantes problemas a serem resolvidos pela ciência.

Como diferenciar “vida” de não-vida? Pretendemos responder essa questão a partir do ponto de vista da ciência dita holista, sistêmico ou ainda organicista. Usaremos esta concepção por acreditarmos que, diferentemente do modelo clássico, podemos ter uma caracterização mais completa e precisa desta diferença.

A ciência clássica se fundamenta em quatro princípios: o princípio da ordem, o princípio da separabilidade, o princípio da redução, reversibilidade no tempo e o princípio da lógica indutivo-dedutivo-identitária, os quais funcionam num ambiente de certeza e busca pela simplificação da complexidade existente nos fenômenos (MORIN, 2000). Para a ciência clássica os sistemas complexos podem ser compreendidos pela análise de uma de suas partes, no tempo, e, a partir da compreensão dessa parte, atribuir suas conclusões ao sistema como um todo, compreendendo-se o contexto. Com esse objetivo, Descartes, em 1619, formulou quatro preceitos básicos que fundamentam um método universal para conduzir a razão: evidencia, redução, causalidade, exaustividade. (DESCARTES, 1980). Nesta concepção não há espaço para os fenômenos da “vida”, pelo fato de esses fenômenos não serem passíveis de simplificação. Como os fenômenos relacionados com vida são sempre complexos e irreversíveis, da mesma forma esses fenômenos são caracterizados por sua resistência a serem modificados intencionalmente, o que frustra as tentativas de domínio exercidas pelo cientista clássico.

No presente estudo devemos apontar novas tendências da ciência no que diz respeito às ciências da vida. E, ainda, encontrar alguns dos novos critérios que a

ciência contemporânea tem utilizado para estudar a vida e os fenômenos a ela relacionados. A idéia-chave do meu trabalho consiste em expressar esses critérios em termos das três dimensões conceituais: padrão, estrutura e processo. Todos os três critérios são totalmente interdependentes. O padrão de organização, como definido por Maturana e Varela, só poderá ser reconhecido se estiver incorporado numa estrutura física, como definida por Prigogine, e nos sistemas vivos essa incorporação é um processo em andamento, como definido por Baterson e mais tarde por Maturana e Varela. Assim, estrutura, padrão e processo estão inextricavelmente ligados. Pode-se dizer que os três critérios são três perspectivas diferentes, mas inseparáveis do fenômeno da vida. Formarão as três dimensões conceituais de meu trabalho. Essas três dimensões conceituais tem por base o pensamento sistêmico, que significa a captação da totalidade orgânica, una e diversa em suas partes sempre articuladas entre si dentro da totalidade e constituindo esta totalidade.

A seleção do referencial teórico deveu-se à busca de alternativas que fossem mais apropriadas ao tratamento das características inerentes aos sistemas complexos (muitas partes diferentes, conectividade entre as partes, comportamento difícil de gerenciar e prever e impossibilidade de analisar as partes independentes do todo). Desse modo, para compreendê-los, é necessário utilizar um paradigma<sup>1</sup> científico que considere a complexidade do objeto investigado e as impressões do observador sobre esse objeto.

Sendo assim, emprega-se o paradigma sistêmico por associar o observador ao objeto observado. Em outras palavras, associa sujeito e objeto, em contraponto ao paradigma reducionista. Este dissocia o sujeito do objeto, desconsiderando as intervenções do sujeito no objeto investigado. Edgar Morin (1977, p.29) observa que “há uma necessidade histórica de encontrar um método que detecte e não que oculte as ligações, as articulações, as solidariedades, as implicações, as imbricações, as

---

<sup>1</sup> Um paradigma significa um modelo, algo que serve como parâmetro de referência para uma ciência, como um farol ou estrutura considerada ideal e digna de ser seguida. Podemos dizer que um paradigma é a percepção geral e comum - não necessariamente a melhor - de se ver determinada coisa, seja um objeto, seja um fenômeno, seja um conjunto de idéias. Ao mesmo tempo, ao ser aceito, um paradigma serve como critério de verdade e de validação e reconhecimento nos meios onde é adotado. (Kuhn, 1990. p. 9 - 27 e 219 - 24)

interdependências e as complexidades entre sujeito e objeto.” o paradigma sistêmico introduz uma renovação epistemológica, por trazer uma proposta diferente da estabelecida pelas ciência clássica e moderna, representadas pelos preceitos cartesianos. O enfoque sistêmico direciona a atenção, especialmente, ao estudo dos sistemas complexos. Como exemplo, citam-se os sistemas de natureza psicológica, social e biológica. Esse enfoque deve ser entendido como uma reação à percepção reducionista (cartesiana) de interpretação da realidade. Logo, observa-se que o paradigma sistêmico possui um enfoque que suporta as pesquisas fundamentadas nas Ciências da Complexidade<sup>1</sup>, motivo pelo qual é adotando como direcionador para a elaboração deste trabalho.

Utilizarei para este estudo diversas áreas da ciência tais como a biologia, ecologia, medicina, física, química, matemática, cibernética, além é claro de todo arcabouço teórico da filosofia moderna e contemporânea. Pretendo com isso dar uma maior abrangência ao estudo e, assim, chegar a uma idéia mais precisa do que é vida e dos seus pormenores.

---

<sup>1</sup> As Ciências da Complexidade se dividiram em muitos ramos, os quais tiveram seu desenvolvimento associado, na maioria, a um campo específico da ciência e a objetivos diferenciados. Podem-se destacar: a Cibernética, a Teoria Geral de Sistemas, os Sistemas Dinâmicos, a Teoria do Caos e a Teoria da Complexidade. Todos esses ramos têm como objetivo comum compreender a complexidade existente nos sistemas.

## A natureza da Vida

Desde a Grécia o estudo da filosofia tem se mantido vacilante entre o estudo da substância e o da forma, da estrutura e do padrão. Entre dois tipos de perguntas inquietantes. Para tentar estabelecer a estrutura constituinte do objeto estudado, seja ele qual for: “Do que ele é feito?”, “Qual é a sua substância?”, “Qual é o seu ser?” (matéria, estrutura, quantidade). Com o objetivo de encontrar um “modo” como os fenômenos ocorrem: “Qual é o padrão?”, “Qual a relação entre ...?”, “Que tipo de organização perpassa esses objetos?” (padrão, ordem, qualidade). O estudo dos processos, por sua vez, estava inserido e confundido com o dos padrões. Desde então o estudo das essências tem suplantado o estudo do padrão, que apesar de relegado ao segundo plano, não perdeu sua importância. Agora, porém as coisas começam a se inverter e então, padrão e processo começam a ser percebidos como conceitos fundamentais para a compreensão de diversos fenômenos, principalmente os relacionados com a vida.

A lógica de funcionamento da ciência clássica nasceu no mundo grego antigo, o objetivo da qual era a busca da simplificação dos fenômenos e a descrição completa da natureza por meio de leis simples. Essa lógica diz respeito aos conceitos, proposições, inferências, julgamentos e raciocínios simplificadores, fundamentos que foram propostos no *Organon*<sup>1</sup>, de Aristóteles.<sup>1</sup>

A ciência clássica se fundamenta em quatro princípios: o princípio da ordem, o princípio da separabilidade, o princípio da redução e o princípio da lógica indutivo-

---

<sup>1</sup> Organon é a denominação dada por Aristóteles à lógica que, para ele, significava um instrumento de conhecimento e não o juiz do conhecimento.

dedutivo-identitária, os quais funcionam num ambiente de certeza e busca pela simplificação da complexidade existente nos fenômenos<sup>2</sup>.

O princípio da ordem postula que o universo é regido por leis imutáveis, visão do qual, nasce a concepção determinista e mecânica do mundo. Assim, toda desordem considera-se como carência de conhecimento, para torná-la ordem. O princípio da separabilidade segue a lógica de que, para resolver um problema, é preciso decompô-lo em elementos simples. O princípio da redução se alicerça na idéia de que o conhecimento dos elementos de base do mundo físico e biológico é indispensável, enquanto o conhecimento do conjunto de processos, mudanças e diversidade é secundário. Esse princípio tende a reduzir o conhecível àquilo que é mensurável, quantificável, formalizável, seguindo os preceitos de Galileu, que só considerava os fenômenos que podiam ser descritos por meio de quantidades mensuráveis<sup>3</sup>. O princípio da lógica indutivo-dedutivo-identitária está associado à razão. A indução, a dedução e os três axiomas de Aristóteles (identidade, contradição, exclusão) asseguram a validade formal das teorias e raciocínios.

Edgar Morin<sup>4</sup> destaca que os quatro princípios são interdependentes e reforçam-se mutuamente. Disjunção e redução eliminam o que não é redutível à ordem, às leis gerais, às unidades elementares. Esses princípios ocultam a constante presença da desordem no mundo e o problema da organização. A conjunção dos quatro princípios, portanto, determina o pensamento simplificador, submisso à hegemonia da disjunção, da redução e do cálculo.

O nascimento da ciência moderna é atribuído a uma grande variedade de circunstâncias, eventos e pessoas, mas é inquestionável a importância de René Descartes, filósofo francês, quem primeiro articulou os fundamentos do moderno método científico de pesquisa. Pode-se dizer que a maior contribuição da abordagem de Descartes foi a idéia de que os sistemas complexos podem ser compreendidos pela análise de uma de suas partes, no tempo, e, a partir da compreensão dessa parte, atribuir suas conclusões ao sistema como um todo, compreendendo-se o contexto. Com esse objetivo, Descartes, em 1619, formulou quatro preceitos básicos que fundamentam um método universal para conduzir a razão<sup>5</sup>.

O primeiro é o da evidência: postula que nunca se deve aceitar nada como verdadeiro, se não é possível provar. Em outras palavras, tem-se de evitar cuidadosamente a precipitação e a previsão. O segundo é o da redução: pressupõe a divisão das dificuldades encontradas para a resolução de um problema na máxima quantidade de partes que facilite essa resolução. O terceiro é o da causalidade: estabelece uma ordem hierárquica para facilitar o conhecimento dos objetos. Inicia-se pelos elementos mais simples e mais fáceis de identificar, evoluindo-se para objetos complexos e mais difíceis. O quarto é o da exaustividade: retoma os três primeiros preceitos, perfazendo enumerações tão completas e revisões tão gerais do objeto estudado que se supõe ter o total conhecimento desse objeto.

Os quatro preceitos, instituídos por Descartes, marcam a passagem da ciência clássica para a ciência moderna: a primeira norteada pela filosofia aristotélica; a segunda guiada pelo pensamento cartesiano. Enquanto a Ciência Clássica associava a Ciência à Filosofia, a Ciência Moderna, estabelecida por Descartes, dissocia a Ciência da Filosofia<sup>6</sup>. Assim, apesar de continuar com o objetivo da redução herdada da lógica da ciência clássica, a mudança, estabelecida por Descartes na ciência moderna, conduziu à elaboração de um conhecimento científico com especificações metodológicas, com princípios e regras que fazem desse conhecimento objetivo e universal.

O Quadro a baixo apresenta um resumo dos princípios da ciência clássica e dos preceitos da ciência moderna.

Quadro 01. Ciência Clássica e Ciência Moderna

| <b>Ciência Clássica</b>                                                                                        | <b>Ciência Moderna</b>                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lógica de fundamento: Simplificação<br>Base de lógica: Filosofia Aristotélica<br>Ciência associada à Filosofia | Lógica de fundamento: Simplificação<br>Base de lógica: Pensamento Cartesiano<br>Ciência dissociada da Filosofia |
| <b>Princípios Básicos</b>                                                                                      | <b>Preceitos básicos</b>                                                                                        |
| 1. Princípio da ordem                                                                                          | 1. Preceito da evidência                                                                                        |
| 2. Princípio da separabilidade                                                                                 | 2. Preceito da redução                                                                                          |
| 3. Princípio da redução                                                                                        | 3. Preceito da causalidade                                                                                      |
| 4. Princípio incutivo-dedutivo-identitário                                                                     | 4. Preceito da exaustividade                                                                                    |

Observando-se o Quadro, nota-se que as lógicas de funcionamento das ciências clássica e moderna são as mesmas, mas com fundamentações diferentes. Enquanto a ciência clássica se embasa na filosofia aristotélica, a ciência moderna se fundamenta no pensamento cartesiano. No caso da ciência clássica, Filosofia e Ciência são associadas para determinar os princípios norteadores. Já a ciência moderna desconsidera as interferências da Filosofia na construção da Ciência.

O paradigma reducionista é ramificado em dois outros principais paradigmas: o mecânico racional e o mecânico estatístico. O paradigma mecânico racional tem o propósito de explicar e descrever o objeto investigado. Para elucidá-lo analisa-se a estrutura a qual determina as funções desse objeto. A estrutura é considerada a causa, a condição necessária e suficiente do efeito e da função do objeto. Esse paradigma teve seu apogeu no século XIX e explicava a racionalidade do homem a partir de causas mecânicas. O paradigma mecânico estatístico ou paradigma evolucionista marca a passagem de análises micros (realizadas por biólogos e sociólogos) para análises macros realizadas por físicos, matemáticos e engenheiros. A teoria da evolução das espécies e o desenvolvimento da Termodinâmica incorporam a visão dos movimentos dinâmicos e das transformações irreversíveis da estrutura no tempo, em contraponto à visão reversível do paradigma da mecânica racional. A incorporação do conceito de sistema fechado leva ao objeto fundamental deste paradigma: estudar a estrutura associada à evolução e à sequência de transformações internas do objeto.

Observa-se que o paradigma reducionista proporcionou muitos progressos para a ciência, mas, apesar do sucesso desse método, cientistas de várias áreas perceberam que os sistemas com muitas interações e propriedades emergentes careciam de um método mais sistêmico para guiá-los. Nessa situação, Fritjof Capra<sup>7</sup> argumenta que alguns pesquisadores começaram a observar que as soluções oferecidas pelas equações de Newton restringia-se a fenômenos simples e regulares, enquanto a complexidade de várias áreas pareciam esquivar-se a qualquer investigação mecanicista. Um exemplo bastante ilustrativo são os fenômenos relacionados com a vida

Na concepção mecanicista clássica, um organismo é reduzido a seus menores componentes, como faríamos ao estudar uma máquina, como, por exemplo, uma bicicleta, na qual uma vez compreendidas suas peças podemos deduzir seu funcionamento exhaustivamente. “Em biologia, a concepção cartesiana dos organismos vivos como se fossem máquinas, constituídas de partes separadas, ainda é a base da estrutura conceitual dominante.”<sup>8</sup> A dissecação é o método predileto dos biólogos mecanicistas para o estudo dos organismos vivos, ou seja, eles se sentem mais a vontade quando o seu objeto de estudo já não vive mais. Por traz dessa pratica está um conceito importante. O de que estudando suas partes constituintes podemos compreender exhaustivamente o organismo vivo.

Um exemplo bastante ilustrativo dessa concepção é a vigorosa elaboração desse conceito feita pelo famoso humanista e existencialista de Soren Kierkegaard:

O quadro científico do mundo real à minha volta é muito deficiente. Ele nos dá muitas informações factuais, coloca toda a nossa experiência numa ordem magnificamente consistente, mas mantém um silêncio horrível sobre tudo aquilo que está realmente próximo de nossas corações, de tudo aquilo que é realmente valioso e caro em nossas vidas, aquilo que realmente nos interessa. Este quadro não nos pode dizer nada sobre o valor do vermelho ou do azul, do amargo e do doce, dor física e prazer físico; nada sobre o belo e o feio, o bom e o mau. É incompetente para dizer qualquer coisa válida sobre Deus e a eternidade... Assim, em suma, não pertencemos realmente a este mundo descrito pelo quadro científico. Não estamos realmente nele. Estamos fora dele. Somos como espectadores de uma peça que insiste em demonstrar que o mundo é uma máquina cega, onde aparecemos fortuitamente para, logo, desaparecer. Apenas nossos corpos parecem se enquadrar no quadro, sujeitos às leis que regem o quadro, explicados linearmente pelo quadro... Eu não pareço ser necessário como ser humano, ou como autor... As grandes mudanças que ocorrem neste mundo material, das quais eu me sinto parcialmente responsável, cuidam de si mesmas, segundo o quadro - elas são amplamente explicadas pela interação mecânica direta (...) Isso torna o mundo operacional para o entendimento pragmático. Permite que você imagine a manifestação total do universo como a de um relógio mecânico que, pelo o que sabe e crê a ciência, poderia continuar a funcionar do mesmo jeito sem que nunca tivesse havido consciência, vontade, esforço, dor, prazer e responsabilidade...<sup>9</sup>

E essa visão persiste através do século XX com o jovem biólogo Joseph Needham<sup>1</sup>: “O mecanicismo e o materialismo estão na base do pensamento científico.”<sup>10</sup> Sobre a mente, um dos fenômenos da vida mais intrigantes e que teremos oportunidade de tratar mais adiante neste trabalho, ele diz: “não aceito, em absoluto, a

---

<sup>1</sup> Needham mais tarde veio a se tornar um dos mais eminentes defensores da visão organicista.

opinião de que os fenômenos da mente não são passíveis de descrição físico-química. Tudo o que for cientificamente dado a conhecer sobre eles será mecanicista[...]"<sup>11</sup> Em resumo de sua posição ele coloca o homem da seguinte forma: "Em ciência, o homem é uma máquina; ou, se não é, então não é absolutamente nada."<sup>12</sup>

O apogeu do mecanicismo no século XX foi a consolidação da genética como sendo a base de toda a vida e tem como data significativa o seqüenciamento do código genético do ser humano em 2003 . "Os fenômenos biológicos que não podem ser explicados em termos reducionistas são considerados indignos de investigação."<sup>13</sup> Assim esses fenômenos são completamente ignorados. Embora essa concepção tenha sido dominante durante boa parte da história da ciência moderna, ela encerra em si profundas limitações. Quanto a isso o eminente biólogo Paul Weiss observou:

Podemos afirmar definitivamente... com base em investigações estritamente empíricas, que a pura e simples inversão de nossa anterior dissecação analítica do universo, procedendo-se à reunião de todas as suas peças, seja na realidade ou apenas em nossa mente, não pode levar a uma explicação completa do comportamento sequer do mais elementar sistema vivo.<sup>14</sup>

A partir do momento em que os cientistas dissecam, reduzem, um organismo como um todo a seus componentes constituintes mínimos, sejam as células, os genes ou as partículas fundamentais. Ao tentar, desse modo, explicar todos os fenômenos em função desses elementos, eles deixam de perceber o sistema vivo de forma integral e passam a ter uma visão fragmentada desse organismo, eles não podem mais perceber as atividades coordenadoras do sistema como um todo. "Os problemas que os biólogos não podem resolver hoje, ao que parece em virtude de sua abordagem estreita e fragmentada, estão todos relacionados com a função dos sistemas vivos como totalidade e com suas interações com o meio ambiente."<sup>15</sup>

Um exemplo bastante elucidativo ocorreu por volta de 1970, quando o DNA e os mecanismos de hereditariedade dos organismos unicelulares — por exemplo, as bactérias — estavam desvendados, porém ainda faltavam os dos organismos multicelulares. Isso colocou os cientistas diante de problemas que ainda não haviam sido encarados como o desenvolvimento e a diferenciação celular, Capra nos coloca mais claramente esse problema:

Nos estágios iniciais do desenvolvimento de organismos superiores, o número de suas células passa de uma para duas, para quatro, oito, dezesseis, e assim por diante. Dado que se pensa ser a informação genética idêntica em cada célula, como pode acontecer que as células se especializem de maneiras diferentes, tornando-se células musculares, sanguíneas, ósseas, nervosas, etc?<sup>16</sup>

Está claro, depois dessa explicação, que o critério para diferenciação não se encontra somente na célula individual, demonstrando assim a incapacidade da visão mecanicista reducionista de lidar com esse fenômeno básico que encontra variações em toda biologia.

O estudo dos seres vivos tem sido negligenciado em detrimento do estudo das forças físicas devido ao triunfo do pensamento newtoniano/cartesiano que conseguiu, com seu método rígido e quantitativo, uma descrição bastante precisa dos fenômenos do universo macroscópico; porém, essa descrição não foi satisfatória, porque, ao escopo da teoria mecanicista escapa o que, segundo Prigogine:

[...] foi, sem dúvida, uma das mais antigas fontes de inspiração da física, o espetáculo do desenvolvimento progressivo, da diferenciação e da organização aparentemente espontâneas do embrião. Forma-se a carne, o bico, os olhos, os intestinos; sim, há de fato organização progressiva de um espaço propriamente biológico, aparecimento a partir de um meio homogêneo, de uma massa que parece insensível, de formas diferenciadas, precisamente no momento e no lugar oportunos, num processo coordenado e harmonioso.<sup>17</sup>

Os estudiosos das substâncias medem e pesam os organismos sem se atentar para o fato de que, ao reduzirem os organismos a moléculas e átomos, ou seja “quantidades”, estão ignorando as relações entre as diversas partes do organismo e as relações entre os organismos, estão deixando de fora dos seus microscópios e espectrógrafos as “qualidades” desses organismos, que são exatamente o que diferem um amontoado de moléculas e átomos inanimados de um organismo vivo.

A partir de agora, para que possamos entender a essência dos sistemas vivos, seja a partir da biofísica, da bioquímica ou outra ciência interessada no estudo dos fenômenos relacionados a vida, teremos que abandonar a crença reducionista de que quando descrevemos organismos complexos como se fossem máquinas, ou seja, em função das propriedades e do comportamento de seus elementos constituintes, estamos dando uma explicação exaustiva desses organismos.

Essa abordagem, biológico, genético e molecular, teve sua importância ao nos oferecer uma lista completa dos elementos físicos envolvidos nos sistemas vivos. Agora que a listagem está completa devemos voltar nossos esforços para os problemas deixados para trás sem solução, como por exemplo, os da diferenciação e desenvolvimento celular, ou os da regeneração. Sidney Brenner nos indica sutilmente o caminho através da concepção sistêmica da vida:

Penso que nos próximos 25 anos vamos ter de ensinar aos biólogos uma outra linguagem. (...) ainda não sei como ela se chama; ninguém sabe. Mas o que se almeja, penso eu, é resolver o problema fundamental da teoria de sistemas elaborados. (...) e aí nos deparamos com um grave problema de níveis: talvez seja um erro acreditar que toda a lógica está no nível molecular. Talvez seja preciso ir além dos mecanismos de relógio.<sup>18</sup>

Cada uma das fases do pensamento científico foi bem sucedida em determinados períodos de tempo. Dando novas perspectivas para a compreensão da realidade física, condicionavam a atitude científica e estabeleciam quais seriam os critérios de pesquisa, freqüentemente ligados à maneira como se esperava que o mundo devesse funcionar de acordo com o modelo (paradigma) adotado. Deste modo, fica claro que a ciência não é um processo de descoberta, em sentido estrito, de uma realidade dada, porém parece ser mais um processo de construção intelectualmente coerente para explicar certos fenômenos. Ou, em outras palavras, a ciência se constrói em cima de alguns fundamentos filosóficos bem definidos, mesmo que não sejam muito conscientes (freqüentemente não são mesmo). Parafraseando Lewis Carroll, faremos agora uma viagem “através do relógio”, de volta aos problemas que estão por trás da cortina conceitual do mecanicismo. Não abandonaremos os conhecimentos alcançados, mas os utilizaremos como base para a elaboração de uma nova conceitualização.

Porém, essa conceitualização não é tão nova assim, como já dissemos o estudo dos padrões e processos ficou relegado ao segundo plano a partir da introdução do modelo de Galileu de ciência; no entanto, com Aristóteles a forma não tinha existência separada, mas era imanente à matéria. Nem poderia a matéria existir separadamente da forma. A matéria, de acordo com Aristóteles, contém a natureza essencial de todas as coisas, mas apenas como potencialidade. Por meio da forma, essa essência torna-se real, ou efetiva. O processo de auto-realização da essência nos

fenômenos efetivos é chamado por Aristóteles de *enteléquia* ("autocompletude"). É um processo de desenvolvimento, um impulso em direção à auto-realização plena. Matéria e forma são os dois lados desse processo, apenas separáveis por meio da abstração<sup>19</sup>. O pensamento Aristotélico domina a cena teoria na antiguidade e na idade medieval até o advento dos fundadores do mecanicismo Copérnico, Galileu, Descartes, Bacon e Newton. Porém, nesse mesmo período surge o pensamento de Kant que na Crítica da faculdade do Juízo afirma que num organismo, as partes também existem *por meio de* cada outra, no sentido de produzirem uma outra. "Devemos pensar em cada parte como um órgão", escreveu Kant, "que produz as outras partes (de modo que cada uma, reciprocamente, produz a outra)[...] Devido a isso, [o organismo] será tanto um ser organizado como auto-organizador."<sup>20</sup> Com esta afirmação, Kant tornou-se não apenas o primeiro a utilizar o termo "auto-organização" para definir a natureza dos organismos vivos, como também o utilizou de uma maneira notavelmente semelhante a algumas concepções contemporâneas.

Uma outra visão de ciência que se opõe ao mecanicismo é chamada de vitalismo que, apesar de em muitos pontos concordar com a recente visão organísmica/holista, propõe uma outra maneira de explicar os fenômenos da vida deixados inexplicados pelo modelo mecanicista. Os vitalistas afirmam que alguma entidade, força ou campo não-físico deve ser acrescentada às leis da física e da química para se entender a vida, estabelecendo uma organização vinda de fora.

Na atualidade começam a surgir novas correntes de pensamento que se contrapõe ao pensamento mecanicista por considerá-lo inadequado para descrever diversos fenômenos naturais, devido a impossibilidade de se reduzir os fenômenos relacionados com vida a leis matemáticas simples. Uma dessas correntes de pensamento é o chamado pensamento holista ou sistêmico ou ainda organicista, que consiste numa tentativa de perceber os fenômenos como um todo inseparável, um modelo científico que se baseia no conceito de relação, que é muito mais amplo que o de análise, como o usado pela ciência clássica. Já não são somente as partes constituintes de um corpo ou de um objeto que são de fundamental importância para a compreensão da natureza desse objeto, mas o modo como se expressa todo esse

objeto, e como ele se insere em seu meio. O holismo não significa a soma das partes, mas a captação da totalidade orgânica, una e diversa em suas partes, mas sempre articuladas entre si dentro da totalidade e constituindo esta totalidade. As partes que constituem um sistema têm um notável conjunto de características que se vêem no âmbito das partes, mas o sistema inteiro, o todo - o holos -, frequentemente possui uma característica que vai bem além que a mera soma das características de suas partes (propriedades emergentes). Por exemplo, sabemos que tanto o hidrogênio quanto o oxigênio são constituintes fundamentais no processo de combustão. Mas se juntamos esses elementos e formarmos a água, nós os usaremos para combater a combustão. O Todo não elimina as características das partes, mas estas, quando em relações íntimas, dão o substrato a uma nova forma, cujas características transcendem às das partes constituintes. São nas ciências relacionadas a vida (biologia, ecologia, psicologia, medicina, ...) onde melhor se pode demonstrar esta relação parte/todo em simbiose íntima.

Parte das mudanças de conceitos que devemos adotar incluem a mudança no conceito de ciência onde a ciência, antes estritamente objetiva, torna-se epistêmica (voltada para o próprio processo intelectual de conhecer), já que as teorias revelam mais sobre a mente que a concebe que propriamente da realidade. Toda teoria é um modelo de explicação aproximada da realidade. Parte-se das partes simples, consideradas independentes, para partes em interação, em processo ou em rede. Não é apenas o conjunto de elementos isolados que formam o universo de fenômenos estudado pela ciência, mas a interação, a relação que existe entre esses elementos.<sup>21</sup>

Segue no quadro a baixo as principais características do paradigma sistêmico ao lado das características do paradigma cartesiano. Devemos ainda reforçar o fato de que, até hoje, nenhuma concepção de ciência pode, sozinha, oferecer uma explicação exaustiva do mundo em que vivemos, cabe a nós, ao unir esses dois paradigmas, um novo esforço nessa tarefa.

## Quadro 02. Preceitos Cartesianos e Preceitos Sistêmicos

| Preceitos Cartesianos                                                                                                                                                                  | Preceitos Sistêmicos                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Evidência:</b> a verdade é única e só existe se puder ser provada.                                                                                                                  | <b>Pertinência:</b> a percepção do objeto está diretamente relacionada à intenção do sujeito.                                                                                  |
| <b>Reduccionismo:</b> divisão dos problemas nas menores, partes possíveis para proceder a sua resolução.                                                                               | <b>Globalismo:</b> é consciente de que o objeto investigado faz parte de um todo maior, por isso a importância de compreender o funcionamento da parte em relação ao ambiente. |
| <b>Causalista:</b> institui-se uma hierarquia estrutural para resolução dos problemas. iniciando-se pelas partes mais simples e fáceis e ascendendo para as mais difíceis e complexas. | <b>Teleológico:</b> busca compreender o comportamento do objeto, sem o objetivo de explicá-lo em relação à estrutura física do objeto.                                         |
| <b>Exaustividade:</b> retoma os três primeiros preceitos e faz uma última análise do objeto. considerando que nada mais existe para ser explorado.                                     | <b>Agregatividade:</b> considera que toda representação é influenciada pela visão de mundo do observador. Por isso, muitos aspectos podem ser omitidos.                        |

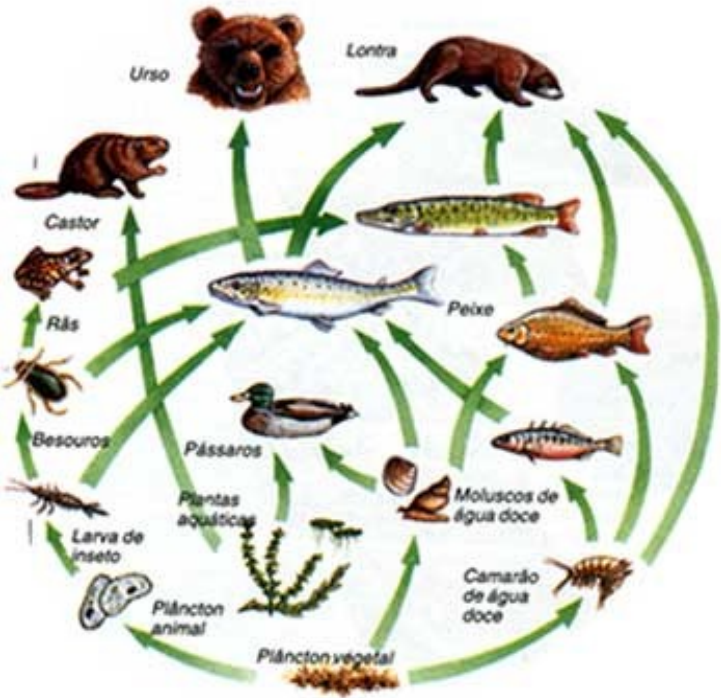
Compreender a natureza da vida a partir de um ponto de vista sistêmico ou holista significa identificar um conjunto de critérios gerais por cujo intermédio podemos fazer uma clara distinção entre sistemas vivos e não-vivos. Ao longo de toda a história da biologia, muitos critérios foram sugeridos, mas todos eles acabavam se revelando falhos e incompletos 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. Na atualidade podemos identificar três correntes de saber que se tornam, dia a dia, fundamentais para compreender os fenômenos da vida, apesar de guardar entre si uma diferença marcante, juntas elas podem nos revelar uma visão mais ampla dos fenômenos da vida. São esses três critérios: 1) *autopoiese*, uma nova concepção do padrão da vida, introduzido por Maturana e Varela, 2) *estrutura dissipativa*; uma nova concepção de estrutura da vida, introduzido por Prigogine; e 3) *cognição*, e uma nova concepção do processo da vida, introduzido no estudo da vida, por Bateson e mais tarde por Maturana e Varela.

## Autopoiese: o padrão da vida

Nessa parte de nosso estudo enfatizaremos o padrão, já que é o padrão que determina se um organismo é vivo ou não-vivo<sup>22</sup>, sem, contudo, nos esquecermos da forma, e muito menos de que a vida é também um processo. Entendemos padrão como uma determinada organização que se repete dentro de um universo de seres estudados. Identificamos o “padrão de rede” como o padrão fundamental dos sistemas vivos, pois, ao observarmos a natureza, percebemos que o “padrão de rede” está presente em toda parte, por exemplo, nas teias alimentares, no modo como os organismos, partes de organismos ou comunidades de organismos se arranjam e interagem entre si.

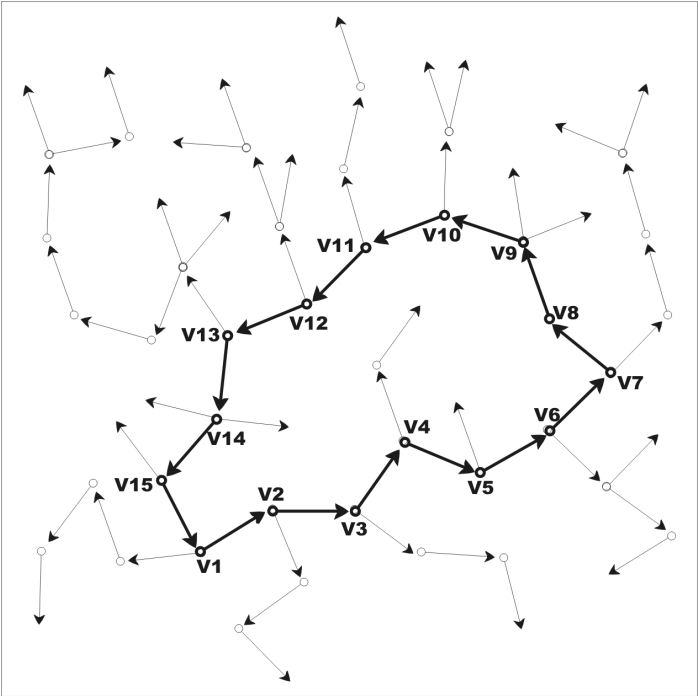
Quando pensamos em rede no que estamos pensando? Não-linearidade é a primeira característica, e a principal, que podemos notar quando examinamos uma rede. Por exemplo, quando examinamos uma teia alimentar (figura 01): O que ocorre com um animal morto? Parte dele é comida por carniceiros, parte é decomposta no solo por bactérias; os carniceiros por sua vez eliminam os resíduos da digestão que também sevem de alimento a outros animais e a bactérias; as bactérias por sua vez adubam o solo para o crescimento de vegetação, que serve de alimento para outros animais que também morrerão por sua vez. O que percebemos com isso? De um determinado evento não se seguem eventos apenas numa única direção, mas sim em várias direções que ocasionalmente pode se encontrar, configurando assim um laço de realimentação. (figura 02).

Figura 01



Teia alimentar

Figura 02



Laço fechado de realimentação

Realimentação é outra característica que eventualmente pode ocorrer em uma rede, mas é fundamental nas redes formadas e formadoras de sistemas vivos. O conceito de realimentação foi introduzido pelos ciberneticistas Norbert Wiener, Julian Bigelow e Arturo Rosenblueth em 1943. Ela ocorre quando numa determinada seqüência de eventos, um evento começa a influenciar em sua causa. Nas palavras de Fritjof Capra:

Um laço de realimentação é um arranjo circular de elementos ligados por vínculos causais, no qual uma causa inicial se propaga ao redor das articulações do laço, de modo que cada elemento tenha um efeito sobre o seguinte, até que o último “realimenta” (*feeds back*) o efeito sobre o primeiro elemento do ciclo. A consequência desse arranjo é que a primeira articulação (“entrada”) é afetada pela última (“saída”), o que resulta na auto-regulação de todo o sistema, uma vez que o efeito inicial é modificado cada vez que viaja ao redor do ciclo.<sup>23</sup>

Retornando ao exemplo da teia alimentar, a adubação do solo, proporcionada pelas bactérias, propicia o crescimento de vegetais, que por sua vez produzem oxigênio e servem de alimento direto aos animais, que ao morrer servem de alimento as bactérias. Mostrando, como disse Wiener, o “controle de uma máquina com base em seu desempenho *efetivo*, e não com base em seu desempenho *previsto*”.<sup>24</sup> Assim, as bactérias, de certa maneira, proporcionam e regulam não só a vida das bactérias, mas também de todo o sistema e o mesmo poderíamos dizer dos outros elementos da rede.

Um fator interessante sobre os laços fechados de realimentação (ou hiperciclos) é a sua capacidade de evolução. Partido de uma relação causal interativa em um hiperciclo temos que: a interferência de um elemento externo ao laço causa uma instabilidade que obriga o hiperciclo a entrar em equilíbrio novamente, ou seja, absorver a interferência e lidar com ela, a partir desse ponto, como fazendo parte do laço “e criando níveis de organização sucessivamente mais elevados”<sup>25</sup>. Vemos com isso a capacidade do hiperciclo de se adaptar ao meio, recebendo e resolvendo as interferências. Na natureza encontramos os hiperciclos em sistemas de reações especiais, que foram estudados por Manfred Eigen, e que foram chamados “ciclos catalíticos”. Quando Eigen estudava reações catalíticas envolvendo enzimas, em 1960, percebeu a presença de redes complexas, em sistemas afastados do equilíbrio, que

podiam conter laços fechados de realimentação. “Esses ciclos catalíticos estão no cerne de sistemas químicos auto-organizadores[...] e também desempenham um papel essencial nas funções metabólicas dos organismos vivos.”<sup>26</sup>.

O conceito de hiperciclo é uma das concepções-chave pra entender a auto-organização. Porém, hesita-se de chamar um hiperciclo de “vivo”. Então, o que caracteriza um organismo vivo? Autopoiese. Conceito introduzido, segundo Capra,<sup>27</sup> a partir de 1970 por Humberto Maturana e Francisco Varela, dois neurocientistas chilenos. Para eles esse conceito é “necessário e suficiente para caracterizar a organização dos sistemas vivos”.

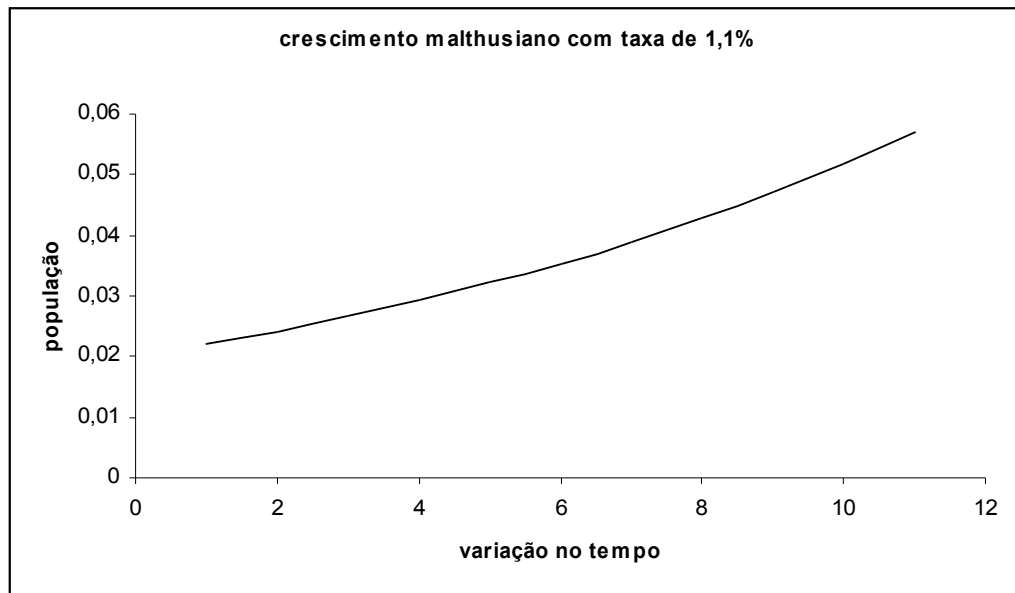
O que vem a ser autopoiese exatamente? O termo vem do grego, naturalmente, auto quer dizer “si mesmo” e poiese “criação”, e a partir da criação desse novo termo cunha-se uma nova idéia. Autopoiese é um sistema organizado em forma de rede, não-linear, auto-organizado, ou seja, ela é produzida por seus componentes e ao mesmo tempo produz esses componentes. Nas palavras de Maturana e Varela: “o ser e o fazer dos [sistemas vivos] são inseparáveis, e esse é o seu modo específico de organização”<sup>28</sup>. Porém, essas características já estão presentes no hiperciclo, o que distingue a autopoiese é a formação de uma fronteira, um limite auto-imposto que restringe o campo de atuação da rede, diferentemente de um hiperciclo que não tem um limite auto-imposto. A formação dessa fronteira define o sistema como uma unidade distinta, por esse motivo as redes catalíticas, que tem sua fronteira estabelecida por fatores como o recipiente onde se encontra, não pode ser considerada um sistema vivo. Outra característica importante é que um sistema vivo é ao mesmo tempo aberto e fechado. Ele é aberto ao fluxo de matéria e energia, ou seja, ele está em constante troca com o meio ambiente. Porém, ele é fechado organizacionalmente, e esse fechamento implica que o organismo tenha sua ordem não imposta pelo meio ambiente, mas pelo próprio sistema. Podemos concluir então que os sistemas vivos são autônomos.

Um esclarecimento importante a ser feito é que essa caracterização de forma alguma inclui informações sobre os elementos físicos do sistema, ou seja, sua estrutura. “Nenhuma informação detalhada sobre o funcionamento do mecanismo

genético pode emergir de uma descrição geral de sua estrutura.”<sup>29</sup>. A estrutura é formada pelas relações de fato entre os elementos físicos, “a estrutura do sistema é a corporificação física de sua organização.”<sup>30</sup>. Trataremos da estrutura mais a diante. A organização é o conjunto de relações entre esses componentes que determina a classificação desse sistema como sendo animal ou vegetal, humano ou bacteriano, ou seja, definindo a classe. “A descrição dessa organização é uma descrição abstrata de relações e não identifica os componentes.”<sup>31</sup>. “Não obstante, nosso problema é o da organização viva e, portanto, nosso interesse não estará nas propriedades dos componentes, mas sim, em processos e nas relações entre processos realizados por meio de componentes.”<sup>32</sup>.

Vimos, até agora, nesse estudo uma ênfase na ordem. Contudo, o caos também deixa sua marca como fator imprescindível na formação e manutenção de sistemas vivos. O comportamento caótico é uma derivação direta da não-linearidade e da realimentação dos sistemas vivos. Retornemos mais uma vez ao nosso exemplo da teia alimentar, nesse caso vamos isolar a observação da população de uma espécie qualquer, vamos chamá-la de espécie de controle. Na concepção Malthusiana clássica a população seria calculada por uma função simples de crescimento ilimitado:  $x_{\text{próximo}} = rx$  (ver Figura 03). Onde,  $r$  seria a taxa de crescimento e  $x$  a população. Assim a espécie de controle teria sua população aumentada constante e indefinidamente, porem, a observação direta contradiz essa intuição inicial, as populações reais não crescem indefinidamente.

Figura 03



“Um ecologista que imaginasse peixes reais num tanque real, teria de encontrar uma função que correspondesse às cruas realidades da vida – por exemplo, a realidade da fome, ou da competição.”<sup>33</sup>. Para obtermos uma equação mais próxima do real, que descrevesse “os fluxos e refluxos da vida.”<sup>34</sup>, devemos introduzir um conceito fundamental, como já vimos, para os fenômenos da vida a realimentação. Uma variante da equação de Thomas Robert Malthus seria suficiente:  $x_{\text{próximo}} = rx(1-x)$ . Onde,  $x$  é a população,  $r$  é a taxa de crescimento e  $1-x$  seria uma constante de controle que introduz a realimentação, essa equação é conhecida como equação da diferença logística, e essa pequena modificação introduz novos e surpreendentes fatores. Na equação anterior, independente da taxa de crescimento, nos teríamos um gráfico bastante semelhante ao da figura 02, contudo, com nossa formula modificada temos variações radicais a medida que a taxa de crescimento vai aumentando, vejamos então nosso gráfico com as taxas: 1,7 (figura 04), 2,7 (figura 05), 3,7 (figura 06), 4,0 (figura 07). A seguir uma explicação sobre as conclusões tiradas de cada uma delas.

Figura 04

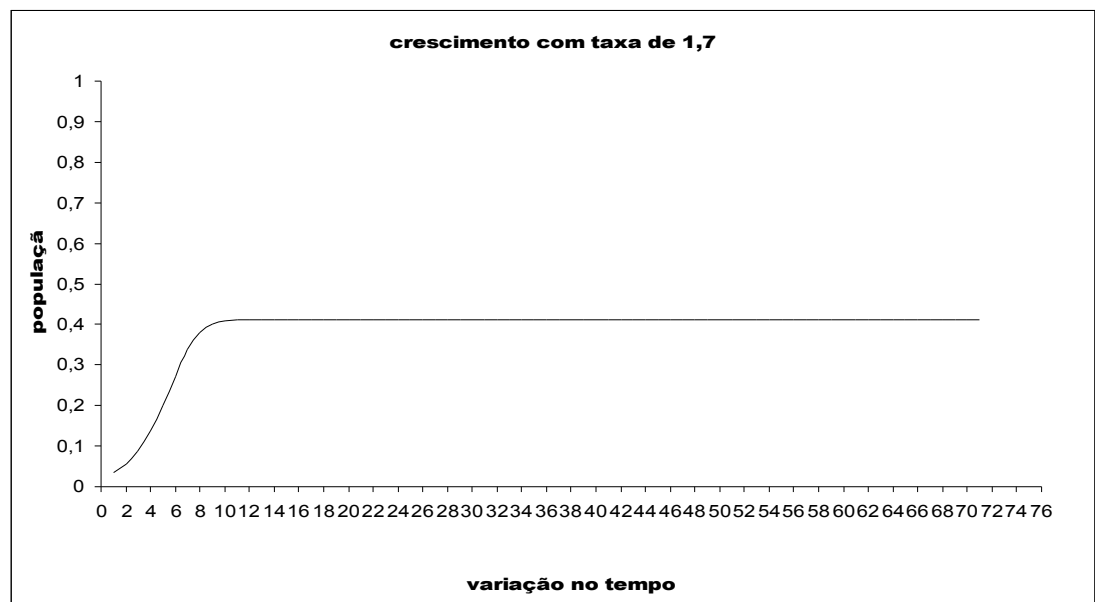


Figura 05

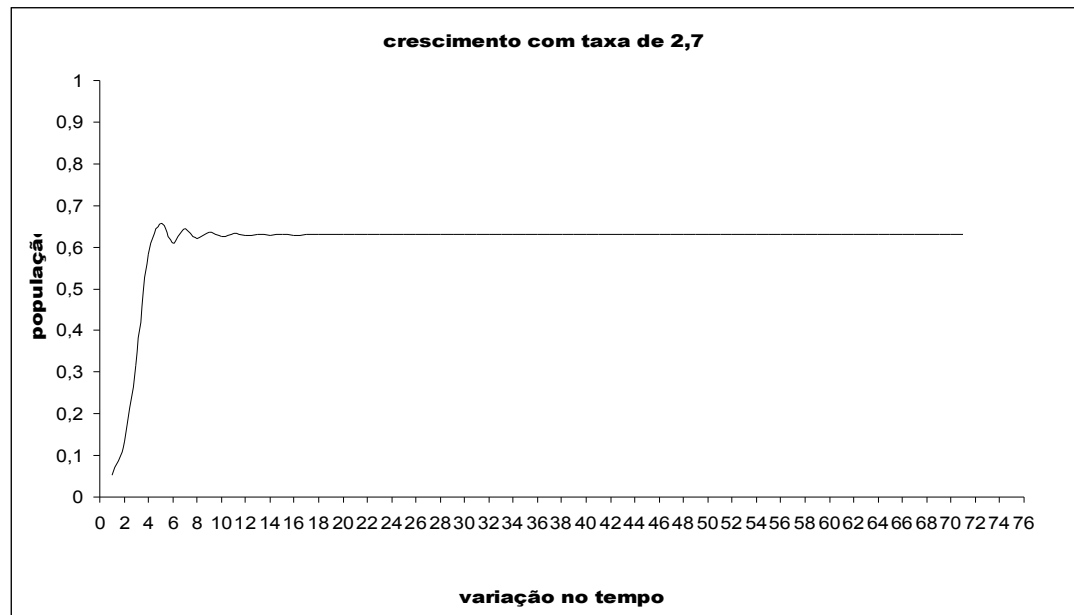


Figura 06

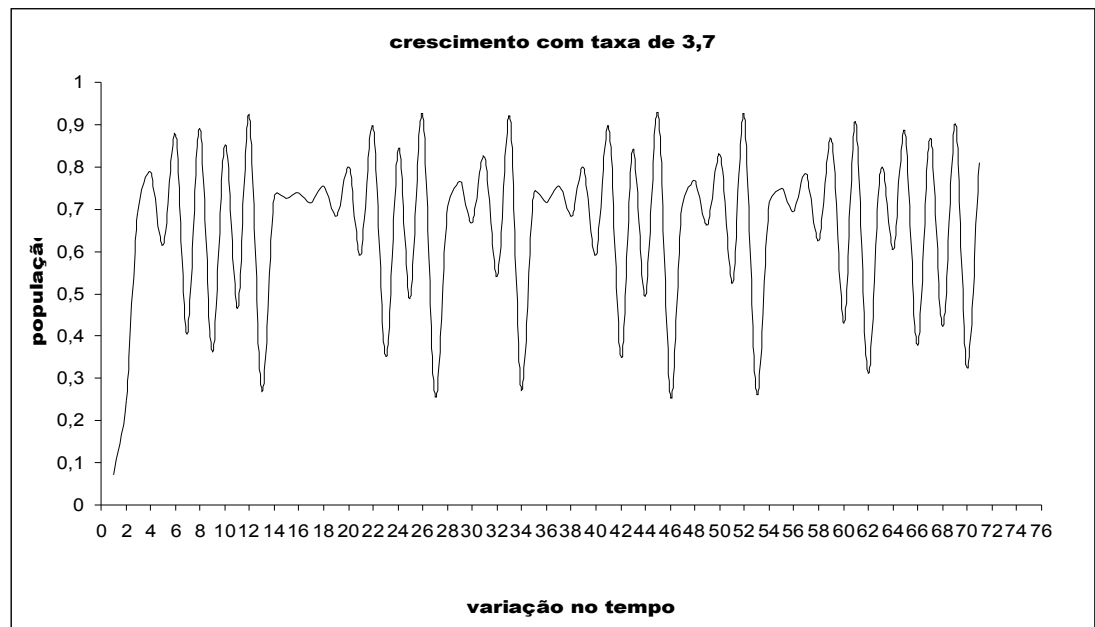
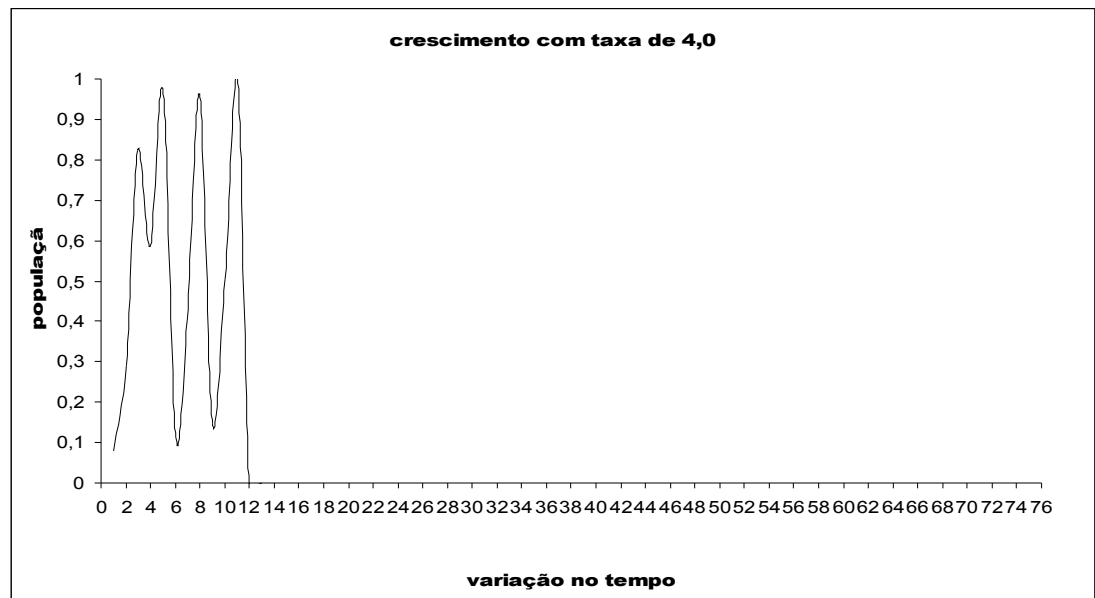


Figura 07



O que nós temos no primeiro caso (figura 04) é um crescimento estável que chega ao ponto de equilíbrio o mais rápido possível. No segundo caso (figura 05) temos um breve período de instabilidade após o qual entramos em equilíbrio, esse é um caso típico que ocorre na natureza quando a população sofre uma elevação moderada em

um ambiente equilibrado, provavelmente é o que ocorreria com nossa população de controle de peixes num tanque. No terceiro caso (figura 06) a população oscila sem atingir os extremos, oscila caoticamente sem atingir um ponto de equilíbrio. Isso quer dizer que a população de nossos peixes sofrerá variações caóticas, ou seja, sem padrão obvio, caso tenha uma taxa de crescimento muito alta. Aumentar a taxa de crescimento significa aumentar a não-linearidade do sistema “e isso modificava o resultado não só quantitativamente, mas também qualitativamente. Afetava não só a população final em equilíbrio, mas também a sua possibilidade de chegar a qualquer equilíbrio.”<sup>35</sup>. Em caso de uma taxa limite (figura 07) o que temos após uma oscilação muito brusca é uma queda da população à baixo de zero, ou seja, extinção.

O caos não tem um papel apenas nas macro-estruturas da vida, mas está entranhado na própria essência da vida, como demonstrado pelo biólogo evolucionista Stuart Kauffman, em seus estudos com redes binárias, que são experimentos realizados a partir de programas de computador muito simples, cujos resultados foram aplicados a redes genéticas de sistemas vivos. Kauffman percebeu que os sistemas vivos existem dentro de um delicado equilíbrio entre ordem e caos.

Redes na fronteira entre ordem e caos podem ter a flexibilidade de se adaptar de maneira rápida e bem-sucedida graças à acumulação de variações úteis. Nesses sistemas equilibrados, as mutações, em sua maioria, têm pequenas conseqüências devido à natureza homeostática desses sistemas. No entanto, algumas mutações causam cascatas de mudanças mais amplas. Sistemas equilibrados irão, portanto, adaptar-se tipicamente, de maneira gradual, a um meio ambiente em mudança, mas se necessário, em situações ocasionais, podem mudar rapidamente.<sup>36</sup>

Como vimos acima, Kauffman coloca a existência dos sistemas vivos na dependência da quantidade de caos presente. Ordem em excesso causa uma cristalização do sistema, o sistema se isola completamente do meio, deixa de se desenvolver e se adaptar, para o processo. Caos em demasia causa uma grande variação do sistema e essa grande variação acaba por desfazer a fronteira que tem que existir entre o meio e o sistema fazendo com que o sistema deixe de ser distinto e, portanto deixe de ser um sistema vivo.

Depois de uma definição precisa do que vem a ser o conceito de autopoiese devemos verificar sua aplicabilidade no campo da vida, até onde esse conceito pode ser útil para explicar os fenômenos relacionados com vida? Ele pode ser aplicado a todas as áreas do que consideramos vida? Até agora todas as pesquisas têm sido dirigidas a sistemas mínimos de vida, tem-se pesquisado com células ou com simulações de computador que não chegam a ter a complexidade de um organismo multicelular. Então o que de fato nós temos é um conceito, que deve ser aplicado ao mundo, nos dando um possível padrão de organização sob o qual a vida pode ser percebida por um observador.

Analisemos um caso particularmente complexo onde os novos conceitos do que é vida foram fundamentais para determinar se havia vida ou não. Na década de 60, a corrida espacial reacendeu o interesse dos cientistas sobre a existência de vida em outros planetas principalmente em Marte. O plano era construir e enviar uma nave a Marte que deveria procurar por vida. Para projetar os instrumentos foi convidado James Lovelock, que, enquanto desenhava os instrumentos ele se fazia a seguinte pergunta: “Como podemos estar certos de que o modo de vida marciano. Qualquer que seja ele, se revelará a testes baseados no estilo de vida da Terra?”<sup>37</sup>. Essa questão o levou a uma profunda reflexão sobre a natureza da vida. Ele, como nós a pouco, chegou à conclusão de que uma das características da vida é que todos os seres vivos retiram matéria e energia e descartam resíduos no ambiente. Ou seja, eles utilizam a atmosfera e os oceanos como meio fluido para subsistência e que, portanto, a atmosfera de Marte deveria apresentar peculiaridades em seus gases que poderiam ser estudadas até mesmo da Terra. O que de fato foi confirmado após a análise dos dados da atmosfera marciana, obtidos a partir da Terra. Há um total equilíbrio químico na atmosfera marciana, ou seja, não há reações químicas possíveis em Marte. Comparando esse resultado com a Terra, notamos uma diferença fundamental, apesar de as atmosferas serem quimicamente semelhantes, na atmosfera terrestre encontramos uma quantidade considerável de gases altamente reagentes como oxigênio e metano.<sup>38</sup> Lovelock compreendeu que esse estado se deve a presença de vida na Terra. Em outras palavras, a Terra é um sistema aberto, afastado do equilíbrio, caracterizado por um

fluxo constante de energia e de matéria, o que é a “marca registrada” da vida. Nas palavras de Lovelock:

A atmosfera da Terra era uma mistura extraordinária e instável de gases, e, não obstante, eu sabia que sua composição se mantinha constante ao longo de períodos de tempo muito longos. Será que a vida na Terra não somente criou a atmosfera, mas também a regula mantendo-a com uma composição constante, e num nível favorável aos organismos?<sup>39</sup>

O que vemos com isso? Vemos que o planeta como um todo forma um organismo que recebe energia de seu meio externo. No caso o sol, que cria, regula e mantém uma fronteira, a atmosfera, Lovelock tem um nome para essa teoria:

Considere a teoria de Gaia como uma alternativa à sabedoria convencional que vê a Terra como um planeta morto, feito de rochas, oceanos e atmosfera inanimadas, e meramente habitado pela vida. Considere-a como um verdadeiro sistema, abrangendo toda a vida e todo o seu meio ambiente. Estreitamente acoplados de modo a formar uma entidade auto-reguladora.<sup>40</sup>

A introdução do conceito de autopoiese nos permite delimitar uma fronteira precisa entre vida e não-vida, além de proporcionar uma compreensão dos padrões de relação que existem entre as diversas partes do organismo vivo e mesmo entre diferentes organismos num ecossistema.

## ***Estruturas dissipativas: a estrutura da vida.***

No âmbito da vida, estrutura é a parte do organismo que conserva sua forma apesar das constantes mudanças, podemos encarar esse estudo como o estudo das “formas” da vida. A estrutura “é a incorporação física do padrão de organização do sistema”<sup>41</sup>. Como essa incorporação se dá, é o que veremos nesse capítulo. E para isso colocaremos a questão colocada por Erwin Schrödinger em seu clássico e fundamental livro “*O que é vida?*”: “Como podem eventos no espaço e no tempo, que ocorrem dentro dos limites espaciais de um organismo vivo, ser abordados pela física e pela química?”<sup>42</sup>

Estrutura dissipativa é um conceito introduzido por Ilya Prigogine e interliga num arcabouço conceitual e matemático as principais características das formas vivas, que implica uma radical reconceitualização das idéias ligadas a estrutura. Perceber de uma nova maneira como os fenômenos da vida estão dispostos da estabilidade para a instabilidade, da ordem para a desordem, tendem muito mais para o não-equilíbrio do que para o equilíbrio, em fim, uma mudança na ênfase do ser para o vir-a-ser. Para essa reconceitualização deveremos conciliar as idéias de mudança e de estrutura.

No capítulo anterior vimos que o padrão da vida é uma rede autopoietica e sua principal característica é seu fechamento na organização\*. Quando estudamos as estruturas notamos que, ao contrario do padrão, sua principal característica é a abertura para o fluxo de matéria e energia; "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

---

\* Ver pág. 12

energia que contém.”<sup>43</sup>. Combinando a estabilidade da estrutura com a fluidez da mudança, a esse tipo de estrutura damos o nome de estruturas dissipativas. “Assim, um sistema vivo é, ao mesmo tempo, aberto e fechado – é estruturalmente aberto, mas organizacionalmente fechado.”<sup>44</sup> Mapeando os caminhos da matéria e da energia através das teias alimentares percebemos que a reciclagem detém um papel chave na ecologia. Todos os sistemas abertos produzem resíduos, mas o que é resíduo para um é alimento para outro na cadeia alimentar, de modo que o sistema como um todo geralmente permanece isento de resíduos.

Analisemos alguns trechos tirados do Capítulo 4 do livro de Schrödinger, do tópico intitulado “A permanência é inexplicável pela física clássica”:

“Como podemos, do ponto de vista da física estatística, reconciliar os fatos de que a estrutura do gene parece envolver apenas um número comparativamente pequeno de átomos (...) e que, ainda assim ela exiba uma atividade muito regular e submetida a leis – com uma durabilidade e permanência que se aproxima do milagroso?” (...) “Como devemos entender que ele permaneceu por séculos sem ser perturbado pela tendência para a desordem do movimento térmico?”<sup>45</sup>

Para compreendermos as estruturas dissipativas devemos ter sempre em mente o fato de que elas sempre se mantêm num estado estável afastado do equilíbrio.<sup>46</sup> Esta é uma combinação que não estava prevista nas leis da ciência mecanicista, “A forte ligação mútua de átomos que mantêm a forma de uma molécula era um completo mistério para todos”<sup>47</sup>, para a ciência clássica tudo tendia ao equilíbrio estático.<sup>48</sup> Porém, um organismo vivo é caracterizado por uma constante mudança em seu metabolismo causando e sendo causado por milhares de reações químicas, contudo, equilíbrio químico e térmico ocorrem quando todas as reações cessam, ou seja, um organismo equilibrado é um organismo não-vivo. Prigogine compreendeu que a termodinâmica é inadequada para descrever os fenômenos da vida por lidar somente com sistemas o mais perto possível do estado de equilíbrio nos quais a entropia é mantida tão pequena quanto possível.

As células de Bénard<sup>1</sup> constituem um primeiro tipo de *estrutura dissipativa*, cujo nome traduz a associação entre a ideia de ordem e a de desperdício, tendo sido escolhido de propósito para exprimir o fato fundamental novo: a dissipação de energia e de matéria — geralmente associada às ideias de perda de rendimento e de evolução para a desordem — torna-se, longe do equilíbrio, fonte de ordem; a dissipação está na origem do que se pode muito bem chamar de novos estados da matéria.<sup>49</sup>

É a estrutura linear da matemática usada na termodinâmica que a torna inadequada para descrever os fenômenos afastados do equilíbrio. Schrödinger demonstra surpresa ao encontrar não-linearidade, ou como ele chama descontinuidade, num contexto em que qualquer coisa que não fosse linearidade ou continuidade seria considerado absurdo pelas concepções vigentes até então do que se poderia ler no livro da natureza.<sup>50</sup> Essa surpresa se deve as diferenças marcantes existentes entre linearidade e não-linearidade, como podemos ver no quadro a baixo.

Quadro 03. Ordem e Complexidade

| <b>Ordem<br/>(Visão linear)</b> | <b>Complexidade<br/>(Visão não-linear)</b> |
|---------------------------------|--------------------------------------------|
| Completa racionalidade          | Fronteira da racionalidade                 |
| Total certeza                   | Certeza limitada                           |
| Previsibilidade                 | Previsibilidade limitada                   |
| Ligação causa-efeito            | Causalidade indeterminada                  |
| Determinismo                    | Mudança evolucionaria                      |

As relações de longo alcance e longa duração aparecem exatamente na zona de transição do equilíbrio para o não-equilíbrio, desse ponto em diante o sistema se comporta como um todo, aparecendo assim os laços de realimentação (ver figura 02) que só podem ser descritos por meio de uma matemática não-linear. A ligação entre não-linearidade e não-equilíbrio é fundamental, Prigogine e seus colaboradores desenvolveram uma termodinâmica não-linear para sistemas afastados do equilíbrio, utilizando as técnicas da teoria dos sistemas dinâmicos. A vida escaparia certamente

<sup>1</sup> A instabilidade dita "de Bénard" constitui um outro exemplo surpreendente em que a instabilidade do estado estacionário determina um fenômeno de auto-organização espontânea. A instabilidade é criada por um gradiente vertical de temperatura imposto a uma camada líquida horizontal: a sua superfície inferior é levada por aquecimento a uma temperatura determinada, mais elevada que a da sua superfície limite superior. A assimetria dessas condições aos limites determina um fluxo permanente de calor de baixo para cima [...] O movimento de convecção que se instala constitui uma verdadeira organização espacial ativa do sistema. Bilhões e bilhões de moléculas movem-se de maneira coerente, formando células hexagonais de convecção de tamanho característico. Prigogine & Stengers, 1984: 113

ao princípio de ordem de Boltzmann, mas entraria na ordem das possibilidades implicadas pela termodinâmica longe do equilíbrio<sup>51</sup> Perceberam que, desse modo, “Assim, longe do equilíbrio, a noção de probabilidade que está no centro do princípio de ordem de Boltzmann perde sua validade e, simultaneamente, a tendência para o nivelamento e esquecimento das diferenças não volta a aparecer senão como um caso particular, não é mais atribuível a não ser a uma classe limitada de sistemas”.<sup>52</sup> Ou seja, perto do equilíbrio, encontramos fenômenos repetitivos e leis universais. À medida que nos afastamos do equilíbrio, movemo-nos do universal para o único, em direção à riqueza e à variedade.

Não linearidade implica que ao longo do processo o sistema tem a opção de “escolher” o caminho que vai seguir, isso porque, numa equação não-linear, quanto maior a não-linearidade maior o numero de soluções possíveis e a qualquer momento o sistema pode se ramificar para um estado inteiramente novo, gerando assim um ponto de bifurcação. Essa bifurcação encerra em si uma imprevisibilidade “tipo caos”, provocando assim uma indeterminação fundamental.

[...] uma vez tornado instável o sistema, produzir-se-á uma flutuação num momento ou noutro, cuja ampliação atingirá o ciclo limite. Mas desde que as equações tenham em conta a difusão, a variedade dos estados estáveis possíveis para lá do limiar crítico, de que apenas nos limitamos a enumerar alguns tipos, introduz um elemento irreduzível de incerteza. Se a partir de uma certa distância do equilíbrio, não uma mas várias possibilidades são abertas ao sistema, para que estado evoluirá? Isso depende da natureza da flutuação que vier efetivamente desestabilizar o sistema instável e se amplificar até realizar um dos estados macroscópicos possíveis. Pode falar-se de "escolha" do sistema, não por causa de uma liberdade "subjetiva" qualquer, mas porque a flutuação é precisamente o que, da atividade intrínseca do sistema, escapa irreduzivelmente ao controle pelas condições aos limites, o que traduz a diferença de escala entre o sistema como um "todo", sobre o qual se pode agir e defini-lo, e os processos elementares cuja multitude desordenada constitui a atividade desse todo.<sup>53</sup>

Vemos nessa indeterminação e imprevisibilidade que, analogamente à teoria quântica e à teoria do caos, o conhecimento científico é impreciso e limitado, ele nos abre apenas “uma janela limitada para o universo.”<sup>54</sup>

Essa profunda indeterminação dos fenômenos naturais no âmbito do espaço leva-nos a seguinte questão: como esses fenômenos se comportam no tempo? No paradigma mecanicista, o mundo é fundamentalmente causal, ou seja, tudo que

acontece tem uma causa definida e provoca um efeito definido, assim, todo o sistema pode ser exaustivamente previsto se temos o ponto inicial e as leis que o regem. Podemos encontrar uma clara expressão nas palavras de Pierre-Simon Laplace:

Um intelecto que, num dado instante, conheça todas as forças que estejam atuando na natureza, e as posições de todas as coisas das quais o mundo é constituído — supondo-se que o dito intelecto fosse grande o suficiente para sujeitar esses dados à análise — abraçaria, na mesma fórmula, os movimentos dos maiores corpos do universo e os dos menores átomos; nada seria incerto para ele, e o futuro, assim como o passado, estaria presente aos seus olhos.<sup>55</sup>

Num mundo como o descrito acima, nós temos uma reversibilidade completa, ou seja, todos os fenômenos poderiam, em tese, ser revertidos no tempo retornando ao seu estágio inicial e, da mesma forma, se o tempo fosse acelerado chegaríamos ao fim do processo com uma previsão perfeita, acabando assim com toda abertura para o novo ou para a criatividade.

No século XIX, os efeitos irreversíveis começaram a ser levados em conta pela ciência e pela filosofia dominantes, quando fenômenos como a dissipação de energia no atrito e a viscosidade tornaram-se de importância crucial para a ciência. Porém, essa dissipação estava sempre associada à desperdício, ou seja, a dissipação e a irreversibilidade ocupavam uma posição secundária na física newtoniana. Contudo na teoria de Prigogine, para sistemas vivos que operam afastados do equilíbrio térmico e químico, elas desempenham um papel fundamental. As reações químicas, que são os processos fundamentais da vida, são por excelência exemplos de processos irreversíveis. Porém, essa irreversibilidade tende sempre para o equilíbrio estático, com a única exceção das “alças catalíticas” devido a sua formação a partir de laços de realimentação.<sup>56</sup>

“A irreversibilidade é o mecanismo que produz a ordem a partir do caos.”<sup>57</sup>  
Na termodinâmica clássica há uma tendência geral da matéria para a desordem, ou seja, para uma entropia sempre crescente, a vida por outro lado tem a característica de permanecer ordenada como nos mostra Schrödinger:

A vida parece ser comportamento bem ordenado e regado da matéria, não exclusivamente baseado na tendência desta passar da ordem para a desordem, mas baseado parcialmente em uma ordem existente e que é mantida.<sup>58</sup>

Então, a ciência da vida tem o desafio de demonstrar como um organismo pode permanecer vivo num mundo onde tudo tende naturalmente para a desordem. Primeiro temos que definir claramente o que vem a ser entropia<sup>1</sup> e essa definição é de Rudolf Clausius nas palavras de Capra:

Clausius definiu a entropia gerada num processo térmico como a energia dissipada dividida pela temperatura da qual o processo ocorre. De acordo com a segunda lei [da termodinâmica], essa entropia se mantém aumentando à medida que o processo térmico continua; a energia dissipada nunca pode ser recuperada; e esse sentido em direção a uma entropia sempre crescente define a flecha do tempo.<sup>59</sup>

Segundo Prigogine, as estruturas dissipativas seriam ilhas de ordem, que pode aumentar ou diminuir relativamente, flutuando sobre um oceano de desordem sempre crescente. Os organismos vivos retiram eventuais porções de ordem, alimento, de seus meio-ambientes e devolvem ao meio estruturas de ordem mais baixa, resíduos, como nos demonstra com muita clareza e lucidez Schrödinger:

[...] tudo o que acontece na Natureza significa um aumento da entropia da parte do mundo onde acontece. Assim, um organismo vivo aumenta continuamente sua entropia – ou, como se poderia dizer, produz entropia positiva – e, assim, tende a se aproximar do perigoso estado de entropia máxima, que é a morte. Só posso me manter distante disso, isto é, vivo, através de um processo contínuo de extrair entropia negativa do ambiente, o que é algo muito positivo, como já veremos. Um organismo se alimenta, na verdade, de entropia negativa. Ou, exprimindo o mesmo de modo menos paradoxal, o essencial no metabolismo é que o organismo tenha sucesso em se livrar de toda entropia que ele não pode deixar de produzir por estar vivo.<sup>60</sup>

A radical mudança conceitual exigida para compreender os fenômenos da natureza das estruturas que antes, quando eram percebidos, eram deixados em segundo plano, sendo considerados negativos, acaba nos levando a uma inversão de valores nas nossas metáforas comparativas. No mundo da ciência moderna de Descartes e Newton, o homem é comparado a uma máquina sem história e sem criatividade; na atualidade, a partir da introdução do conceito de estrutura dissipativa por Prigogine, o que vemos é que o mundo está se tornando cada vez mais parecido com o próprio homem: imprevisível, influenciado por um passado, sensível ao meio-ambiente, alterado por pequenas mudanças, criativo. Portanto, a maneira de lidarmos com esse mundo esteve equivocada até este momento e com a adoção deste novo

---

<sup>1</sup> Para maiores informações sobre entropia ver: Prigogine & Stengers, 1984: 90 - 103

paradigma a ciência segue um caminho que deixa a dominação e o controle para adotar um tratamento que dedicaria a um igual, ou seja, respeito, cooperação e diálogo

## ***Cognição: O processo da vida.***

Distinguir estritamente os três critérios fundamentais da vida é extremamente difícil já que eles estão estreitamente relacionados. Assim a Autopoiese pode ser definida como processos de produção, e estruturas dissipativas podem ser compreendidas como processos metabólicos e desenvolvimentais. Portanto, a dimensão do processo está implícita tanto no critério do padrão como da estrutura.

O processo da vida é a própria vida. É o padrão e a estrutura em pleno processo de funcionamento. A vida de um organismo não pode ser definida de antemão ela só pode ser percebida enquanto prossegue. Antonio Machado tem uma frase que ilustra bem o que quero dizer: “Caminhante, não existe caminho, faz-se o caminho ao caminhar”. E podemos dizer que a vida faz seu caminho a medida que em que avança no tempo. E como em todo processo, não podemos tratar o processo da vida como tratamos uma coisa, um objeto. Identificar o processo da vida com o processo de aprendizado ou cognição, que é como é chamado o processo mental, é uma novidade para a ciência, contudo é uma das mais profundas e antigas intuições da humanidade. Todas as religiões têm o conceito de alma ou espírito e ambos carregam em si duas concepções: a da força da vida e a da atividade consciente. Há uma antiga intuição por de trás de todas as antigas palavras que significam alma ou espírito, é a idéia de sopro vital. Essa metáfora nos será útil visto que a concepção de cognição que usaremos aqui vai muito além da de mente racional, ela inclui todo o processo da vida.

A incorporação contínua de um padrão autopoietico numa estrutura dissipativa é o processo de conhecer, isso nos dá uma idéia revolucionária de mente.

Essa nova concepção de mente foi desenvolvida, em separado, por Humberto Maturana, no Chile, e Gregory Baterson, nos Estados Unidos, na década de 1960.

De início a teoria cognitiva da mente era fortemente influenciada pela cibernética e cognição era definida como manipulação de símbolos num conjunto de regras. Pensava-se que cognição envolvia o processo de representação mental, como o dos computadores, onde a mente opera manipulando símbolos que representam partes do mundo<sup>61</sup>. Porém esse conceito teve de ser revisto, durante a década de 1970, devido a duas deficiências da visão computacional.

[...] o processamento de informações baseia-se em regras seqüenciais, aplicadas uma de cada vez; [...] ele é localizado, de modo que um dano em qualquer parte do sistema resulta numa séria anormalidade de funcionamento do todo.<sup>62</sup>

O processamento linear ocorre a partir de etapas seqüenciais com uma ordem definida utilizando partes definidas do aparato físico correspondente. Essas duas características estão claramente em contradição com o que pode ser observado na natureza. Qualquer processamento sensorial é, até mesmo em animais simples, executado muito mais rapidamente do que se esperaria se comparado a uma simulação feita etapa por etapa como, por exemplo, numa Máquina de Turing.<sup>1</sup> E a propriedade de reajustamento de função que o cérebro possui já é bastante conhecida na ciência para demonstrar que um dano sofrido numa parte do cérebro pode ser compensado com a ativação de outras áreas. A manipulação de símbolos parece uma capacidade de mentes muito desenvolvidas representando, assim apenas um tipo de mente em particular e não o processo que ocorre em todas as mentes.

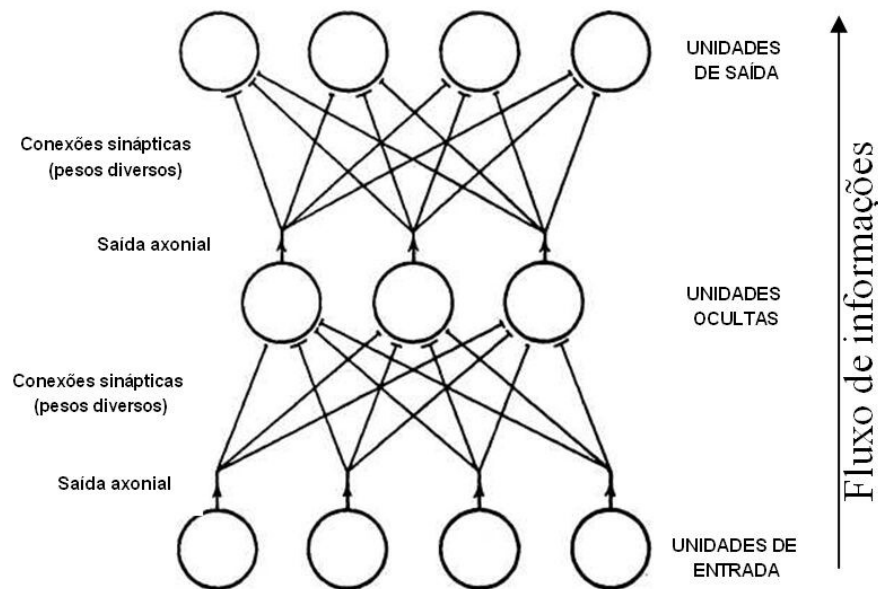
Vemos com isso que a visão computacional era, até então, excessivamente reducionista. Então, a partir da década de 80, foi necessária uma mudança de foco dos símbolos para as conexões, “[...]das regras locais para a coerência global, do processamento de informação para as propriedades emergentes das redes neurais.”<sup>63</sup>

---

<sup>1</sup> A máquina de Turing é um dispositivo teórico, conhecido como *máquina universal*, que foi concebido pelo matemático britânico Alan Turing (1912-1954), muitos anos antes de existirem os modernos computadores digitais (o artigo de referência foi publicado em 1936). Num sentido preciso, é um modelo abstrato de um computador, que se restringe apenas aos aspectos lógicos do seu funcionamento (memória, estados e transições) e não à sua implementação física. Numa máquina de Turing pode-se modelar qualquer computador digital.

As redes neurais se popularizaram no meio científico e são um dos mais instigantes resultados de modelos “conexionistas”, que se tornaram uma alternativa viável ao modelo computacional tradicional.

Figura 08



Uma rede simples<sup>64</sup>

As redes neurais são “Sistemas de *hardware* modelados com base no cérebro biológico”,<sup>65</sup> ou seja, são simulações computacionais que utilizam de redes compostas de elementos altamente interconectados (figura 08) com o objetivo de executar simultaneamente milhões de operações que geram propriedades emergentes, ou seja, propriedades que não se encontram em nenhum dos elementos constituintes, mas podem ser encontradas quando o sistema como um todo está em funcionamento.

A opinião atual entre os que trabalham nesse campo tende à ideia de que não existem limites teóricos, uma vez que as novas redes têm características importantes que as redes do final da década de 1950 não tinham. Mais importante, o sinal de saída axonal produzido por uma unidade qualquer não é uma função reta ou “linear” do nível de estimulação da própria unidade. Ao contrário, ele segue uma espécie de curva em S. Essa simples dobra permite à rede computar o que é chamado de transformações não-lineares, e isso amplia enormemente a gama de problemas com que ela pode lidar.<sup>66</sup>

Algumas das características dessas redes, segundo James H. Fetzer, são:

A) “[...]são capazes de processamento paralelo”, o que quer dizer que vários processos podem ser realizados ao mesmo tempo; Ao contrario da concepção computacional tradicional que prevê um processamento linear. B) nas redes neurais a unidade mínima de memória é desempenhada por “padrões de ativação”, ao invés de bits ou bytes, dessa forma, lembrar seria a ativação de padrões neurais específicos. C) “[...] as diferenças entre as espécies podem ser acomodadas dentro do escopo dessa abordagem.” Ou seja, ela é válida para todos os tipos de mentes não apenas para as que trabalham com linguagem e representação<sup>67</sup>. O maior exemplo de um rede neural é nosso próprio cérebro como nos explica Francisco Varela:

O cérebro é [...] um sistema altamente cooperativo: as densas interações entre seus componentes requerem que, no final, tudo o que esteja ocorrendo seja uma função daquilo que todos os componentes estão fazendo. [...] Em consequência disso, todo o sistema adquire uma coerência interna em padrões intrincados, mesmo que não possamos dizer exatamente como isso acontece.<sup>68</sup>

O cérebro se apresenta, então, como um sistema complexo adaptativo, pois organiza e reorganiza a realidade em função de redes de conexões que se fazem e refazem durante adaptação recíproca conhecimento/realidade. Como, por exemplo, quando no livro *“No caminho de Swann”*, Marcel Proust nos diz que seu personagem tem acesso a memórias de infância quando coloca um pedaço de doce na boca, nós enquanto leitores achamos isso perfeitamente natural visto que o mesmo ocorre conosco. Lembrar é a reativação de padrões neurais, ou caminhos nessas redes, que foram construídos durante a formação da lembrança em particular. Então são os dois fenômenos essenciais, tanto o estímulo externo que se repete como o padrão neural previamente gravado, para a ocorrência da lembrança.

Porém, a comparação entre cérebro e redes computacionais é limitada e não podemos afirmar de forma alguma que redes neurais artificiais possuam uma mente. O filósofo John Searle delimita essa fronteira de maneira cortante utilizando um critério que vai direto ao que Aristóteles poderia chamar de essência dos dois modelos:

A razão por que nenhum programa de computador pode alguma vez ser uma mente é simplesmente porque um programa de computador é apenas sintático, e as mentes são mais do que sintáticas. As mentes são semânticas, no sentido de que possuem mais do que uma estrutura formal, têm um conteúdo.<sup>69</sup>

A teoria da cognição, em particular, que foi desenvolvida a partir dos estudos de redes neurais é conhecida como teoria de Santiago e, desde o princípio, esteve intimamente ligada com a concepção de autopoiese. Segundo Maturana, cognição é o processo de auto-geração e auto-perpetuação de redes autopoieticas.<sup>70</sup>

Cognição é, como vimos, o processo de aprendizado. A maneira como o organismo interage com seu meio ambiente, se adapta a ele e se faz adaptar por ele. Devemos então ser capazes de perceber isso no organismo e ao observarmos o organismo vivo vemos um processo chamado de acoplamento estrutural que é a continua inscrição do padrão de organização (autopoietico) do sistema numa estrutura (dissipativa) física. Ou seja, nas palavras de Merleau-Ponty: “De um centro de matéria física surge, num momento dado, um conjunto de princípios de discernimento que fazem com que, nessa região do mundo, vá ocorrer um evento vital.”<sup>71</sup>

Esse acoplamento se dá pela contínua interação mútua do organismo com seu meio de tal forma que não é possível estabelecer se é o meio que forma o organismo ou o organismo que forma o meio. Temos sim, pelo contrario, uma ruptura com a dicotomia organismo-meio e passamos a ver ambos como condições de possibilidade para a existência da vida. Cada organismo individual contribui para a existência da vida como um todo do mesmo modo que cada aspecto do meio ambiente global, o planeta e as bases estruturais do universo como leis da física e da química, contribuem para a formação das especificidades da vida.

Essa nova conceitualização, ou seja, esse novo paradigma, descobre e evidencia fenômenos que até então permaneciam desconhecidos e que somente poderiam ser observados a partir de uma observação do processo como um todo. Podemos citar como exemplo, bastante representativo, o novo modelo de sistemas imunológicos. A partir de pesquisas realizadas por Francisco Varela e Antonio Coutinho<sup>72</sup> constatou-se que o sistema imunológico é tão complexo e tão interconexo quanto o sistema nervoso, porem ele é organizado de uma maneira mais fluida, ou seja,

ele não tem uma estrutura rígida ou anatômica, mas sim um fluido disperso por todos os tecidos do organismo. Na visão tradicional as células do sistema imunológico se prendem ao intruso neutralizando-o. Esse comportamento implica o fato das células imunológicas reconhecerem perfis moleculares estranhos e de alguma forma também aprendizado e memória, já que, no futuro a resposta é mais rápida para um intruso conhecido do que para um novo. Porém na abordagem tradicional os termos aprendizado e memória são usados apenas de maneira metafórica sem levar em conta os processos cognitivos.

As recentes pesquisas têm mostrado que as células imunológicas, anticorpos, se ligam a todos os tipos de células, aparentando assim uma rede, bastante interligada. Se pensarmos que os anticorpos eliminam tudo a que se ligam, então deveríamos todos estar nos desfazendo. Porém, isso não ocorre. Aparentemente os anticorpos podem distinguir entre as células do próprio corpo e as estranhas. Nessas pesquisas Varela propõe a mudança do conceito de sistema imunológico para rede imunológica essa rede seria uma rede cognitiva autônoma responsável pela “identidade celular” do organismo. Ou seja, a rede imunológica trabalha para que o corpo permaneça o mais fiel possível a si mesmo, para que as constantes mudanças e renovações não resultem em mutações degenerativas e deformações. Os anticorpos eliminariam não só os agentes intrusos, mas principalmente as células do próprio corpo que não apresentassem a fidelidade necessária ao modelo previsto pelo DNA, disso também resulta que a rede imunológica fica responsável pela restauração dos tecidos danificados.

Outro aspecto que estava perdido na cegueira conceitual do mecanicismo, e que esta ligado a rede imunológica, pode ser chamado de rede psicossomática, essa rede é formada pela rede imunológica e pelo que podemos chamar de rede nervosa e rede endócrina. Essa rede é integrada por uma serie de comunicadores químicos, descobertos por Candace Pert em meados da década de 80, alguns desses comunicadores já aviam sido descobertos e podemos chamá-los de Hormônios, neurotransmissores endorfinas e outros. Para denominar esses comunicadores batizaram-nos de peptídios, esses peptídios foram reconhecidos como uma única

família de transmissores a pouco tempo, eles são uma cadeia de aminoácidos que contem uma determinada informação, se prendem aos receptores que são abundantes em todas as células do corpo.<sup>73</sup> Fazendo assim a interligação entre células imunológicas, glândulas e células nervosas. Capra nos explica como os peptídios funcionam no cérebro:

No sistema nervoso, os peptídios são produzidos nas células nervosas, descendo em seguida pelos axônios (os longos ramos de células nervosas) para serem armazenados em pequenas bolas no fundo, onde esperam pelos sinais corretos para liberá-los. Esses peptídios desempenham um papel vital nas comunicações por todo o sistema nervoso[...] [...]Em sua maior parte, os sinais vindos do cérebro são transmitidos através dos peptídios emitidos por células nervosas. Ao se prenderem a receptores afastados das células nervosas onde se originaram, esses peptídios atuam não apenas por toda a parte em todo o sistema nervoso, mas também em outras partes do corpo.<sup>74</sup>

As células imunológicas por sua vez além de possuírem receptores para todos os peptídios também fabricam peptídeos que controlam os padrões de migração das células e todas as funções vitais. As glândulas por sua vez são por definição fabricantes de peptídeos. Outra característica dos peptídeos é a sua capacidade de alterar o comportamento e os estados de humor, constituindo assim uma linguagem químico-emocional. Áreas, como o sistema límbico, que são ricas em peptídeos, são tradicionalmente associadas a emoções, contudo diversas partes do nosso corpo também são grandes produtores de peptídeos como, por exemplo, nosso intestino, nós efetivamente sentimos emoções na barriga. E como diz Pert “Células brancas do sangue são pedacinhos do cérebro flutuando pelo corpo”<sup>75</sup>

Quando falamos de mente estamos falando do processo realizado na rede psicossomática e não da rede em si ou de seus componentes, o que quero dizer é que mente é uma propriedade emergente da rede psicossomática, Searle explica de maneira brilhante qual a relação entre mente e a estrutura em que a mente se realiza:

Assim como a liquidez da água é causada pelo comportamento dos elementos ao micronível e, no entanto, é ao mesmo tempo uma característica realizada no sistema dos micro-elemento, assim também, no sentido preciso do «causado por» e «realizado em», os fenômenos mentais são causados por processos que ocorrem no cérebro, ao nível neuronal ou modular e, ao mesmo tempo, realizam-se no próprio sistema que consiste em neurônios. E assim como precisamos da distinção micro/macro para qualquer sistema físico, assim, pelas mesmas razões, precisamos da distinção micro/macro para o cérebro. E, embora possamos dizer que um sistema de partículas está a dez graus

centígrados ou que é sólido ou líquido, não podemos dizer de qualquer partícula dada que esta partícula é sólida, esta partícula é líquida, esta partícula está a dez graus centígrados. Não posso, por exemplo, meter a mão neste copo de água, tirar uma molécula e dizer: «Esta aqui é húmida.» [...] Nada é mais comum na Natureza do que serem as características de superfície de um fenómeno causadas por e realizadas numa microestrutura, e essas são exactamente as relações exibidas pela conexão da mente ao cérebro.<sup>76</sup>

Dessa forma resolvemos um problema que está posto a partir Descartes: Qual a relação entre mente e corpo? A relação entre mente e corpo é a relação entre processo e estrutura.

O conceito de cognição estabelece os termos de comunicação, adaptação e interação do organismo internamente e externamente, ou seja, cognição é a própria vida em seu fluxo e refluxo constante com o organismo se impondo ao meio e o meio se impondo ao organismo fazendo com que ambos sejam marcados por esse encontro.

## Conclusões

O modelo de ciência clássico não é exaustivo ao descrever os fenômenos, principalmente os relacionados com vida. Para que tal descrição fosse possível, os fenômenos deveriam todos ser passíveis de uma descrição quantitativa. Portanto, toda descrição qualitativa escapa ao modelo clássico de ciência. Para uma descrição mais exata dos fenômenos, em particular os relacionados com vida, é necessário adotarmos um modelo que, ao lado do modelo clássico, possa fazer uma descrição qualitativa do universo de fenômenos aos quais nos propomos a estudar.

Compreender a natureza da vida a partir de um ponto de vista sistêmico ou holista 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 e incompletos 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. Na atualidade podemos identificar três correntes de saber que se tornam, dia a dia, fundamentais para compreender os fenômenos da vida, apesar de guardar entre si uma diferença marcante, juntas elas podem nos revelar uma visão mais ampla dos fenômenos da vida. São esses três critérios: 1) *autopoiese*, uma nova concepção do padrão da vida, introduzido por Maturana e Varela, 2) *estrutura dissipativa*; uma nova concepção de estrutura da vida, introduzido por Prigogine; e 3)

cognição, e uma nova concepção do processo da vida, introduzido no estudo da vida, por Baterson e mais tarde por Maturana e Varela.

Para compreender e intervir em sistemas complexos, são necessárias diferentes abordagens. Primeiro, porque não se deve reduzir os sistemas complexos a elementos simples, mas tentar compreender a complexidade como característica global dos fenômenos. Segundo, não se pode pretender encontrar uma representação completa da complexidade, mas ser consciente de que qualquer representação de um sistema complexo é, necessariamente, incompleta e descreve uma situação em determinado momento do tempo.

A introdução do conceito de autopoiese nos permite delimitar uma fronteira precisa entre vida e não-vida, além de proporcionar uma compreensão dos padrões de relação que existem entre as diversas partes do organismo vivo e mesmo entre diferentes organismos num ecossistema.

A radical mudança conceitual exigida para compreender os fenômenos da natureza das estruturas que antes, quando eram percebidos, eram deixados em segundo plano, sendo considerados negativos, acaba nos levando a uma inversão de valores nas nossas metáforas comparativas. No mundo da ciência moderna de Descartes e Newton, o homem é comparado a uma máquina sem história e sem criatividade na atualidade o que vemos é que o mundo está se tornando cada vez mais parecido com o próprio homem: imprevisível, influenciado por um passado, sensível ao meio-ambiente, alterado por pequenas mudanças, criativo. Portanto, a maneira de lidarmos com esse mundo esteve equivocada até este momento e com a adoção deste novo paradigma a ciência segue um caminho que deixa a dominação e o controle para adotar um tratamento que dedicaria a um igual, ou seja, respeito, cooperação e diálogo

A terra não pertence ao homem; é o homem que pertence à terra. Disto temos certeza. Todas as coisas estão interligadas, como o sangue que une uma família. Tudo está relacionado entre si. O que fere a terra fere também os filhos da terra. Não foi o homem que teceu a trama da vida: ele é meramente um fio da mesma. Tudo o que ele fizer à trama, a si próprio fará<sup>77</sup>.

O conceito de cognição estabelece os termos de comunicação, adaptação e interação do organismo internamente e externamente, ou seja, cognição é a própria

vida em seu fluxo e refluxo constante com o organismo se impondo ao meio e o meio se impondo ao organismo fazendo com que ambos sejam marcados por esse encontro. Da união de diversas ciências surge um novo conceito de vida que coloca na própria vida sua razão de ser e sua forma de organização.

A vida apresenta uma unidade fundamental. Unidade demonstrada até mesmo na destruição de uma vida por outra. A vida é una com tudo o que existe. Do contrário, nenhum ser vivo poderia jamais nutrir-se de outro ou das substâncias inanimadas que o cercam. Una, mesmo na destruição, una, apesar de qualquer separação. Cada organismo é único. Único e, contudo, unido a todos os outros organismos na identidade de suas partes elementares; único por cima de um substrato de identidade física.

Após esse estudo, percebemos que os novos conceitos introduzidos, a partir da contemporaneidade, são de fundamental importância para compreensão dos fenômenos da vida e relacionados com a vida. Esses conceitos contêm em si um padrão de pensamento. O pensamento sistêmico que visa compreender os fenômenos de um ponto de vista abrangente, ou seja, sem seccioná-lo em partes, para que possamos perceber as relações, que do contrário teriam se perdido. Esta cosmovisão pode despertar no ser humano a consciência de sua funcionalidade dentro desta imensa totalidade. Não somente nós, seres humanos racionais que pensamos manipulando símbolos, somos co-criadores do universo, como também podemos ir mais além e afirmar que estar vivo é a todo instante criar a si mesmo e o mundo em que se vive.

Embora as reflexões expostas nas seções precedentes já contenham muitas distinções em pormenores, é claro só possuem caráter preliminar com vista a uma filosofia da ciência que seja suficiente em termos metodológicos. Não propomos uma ruptura com o paradigma mecanicista mas uma combinação dessas duas visões que, uma sem outra, seriam incompletas numa tentativa de descrever o mundo em que vivemos.

## NOTAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTÓTELES. **Metafísica**. 2ª ed. Tradução: Giovanni Reale. São Paulo: Edições Loyola 2005.

ASIMOV, Isaac. **O Homem Bicentenário**. Tradução: Agatha M. Auerspeg. São Paulo: Hemus, 1972.

BRANDÃO, Dênis e CREMA. Roberto. **O Novo Paradigma Holístico**. São Paulo: Summus Editorial, 1992.

BRENNER, SIDNEY, In JUDSON, Horace Freeland, **The eighth day of creation, Simon & Schuster**, Nova York, 1979. In CAPRA, Fritjof. O ponto de Mutação. 22ª ed. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1999.

CAPRA, Fritjof. **A Teia Da Vida**. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de Mutação**. 22ª ed. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1999.

CAPRA, Fritjof. **O tao da física**. 10ª ed. Tradução: José Fernandes Dias. São Paulo: Cultrix, 1995.

CHURCHLAND, Paul M. **Matéria e consciência: uma introdução contemporânea à filosofia da mente**. Tradução: Maria Clara Cescato. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

DESCARTES, Rene. **Discurso sobre o método**. In: Descartes. São Paulo: ed. Abril, 1980 (Os pensadores)

EIGEN, MANFRED, “**Molecular Self-Organization and the Early Stages of Evolution**”, Quarterly Reviews of Biophysics, 4, 2&3, 149, 1971. In CAPRA, Fritjof. A Teia Da Vida. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

FETZER, James H. **Filosofia E Ciência Cognitiva**. Tradução: Cleide Rapucci. Bauru, Sp: EDUSC, 2000.

GLEICK, James. **Caos: a criação de uma nova ciência**. 11ª ed. Tradução: Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Camus, 1989.

GUIMARÃES, Carlos. **Percepção e Consciência**. João Pessoa: Ed. Persona, 1996.

KANT, Immanuel. **Crítica da Faculdade do Juízo**. 2ª ed. Tradução: Valério Rohden e Antonio Marques. Rio de Janeiro: Forense universitária: 1995.

KAUFFAMN, STUART, “**Antichaos And Adaptation**”. In CAPRA, Fritjof. *A Teia Da Vida*. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

KUHN, thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 2ª ed. Tradução: Beatris Viana Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1990.

LAPLACE, PIERRE Simon. In CAPEK, M., **The Philosophical Impact Of Contemporary Physics**, Princeton, NJ.: D. Van Nostrand, 1961 in CAPRA, Fritjof. *O tao da fisica* 10ª ed. Tradução: José Fernandes Dias. São Paulo: Cultrix, 1995.

LOVELOCK, JAMES, **Healing Gaia**, Harmony Books. In CAPRA, Fritjof. *A Teia Da Vida*. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

MATURANA, HUMBERTO E FRANCISCO VARELA. **Autopoiesis and Cognition**. In CAPRA, Fritjof. *A Teia Da Vida*. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

MATURANA, HUMBERTO, “**Biology of Cognition**”, originalmente publicado em 1970; reimpresso in Maturana e Varela (1980). In CAPRA, Fritjof. *A Teia Da Vida*. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

MERLEAU-PONTY. Maurice, **A Natureza**. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

MORIN, Edgar. LE MOIGNE, Jean-Louis. **A inteligência da complexidade**. Tradução: Nurimar Maria Falci. São Paulo: Peirópolis, 2000.

MORIN, Edgar. **O método 1: da natureza da natureza**; Tradução: Ilana Heineberg. 2ª edição. Porto Alegre: v. 1, sulina, 1977.

MORIN, Edgar. **O método 2: a vida da vida**; Tradução: Marina Lobo. Porto Alegre: v.2 sulina, 1980.

NEEDHAM, JOSEPH, **Man a Machine**, Norton, Nova York, 1928. In CAPRA, Fritjof. *O ponto de Mutação*. 22ª ed. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1999.

PERT, CANDACE, “**The Chemical Communicators**”, entrevista in Bill Moyers, *Healing and the Mind*, Doubleday, Nova York, 1993. In CAPRA, Fritjof. *A Teia Da Vida*. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

PRIGOGINE, ILYA & ISABELLE STENGERS, **Order out of Chãos**, Bantam, Nova York, 1984. In CAPRA, Fritjof. A Teia Da Vida. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

PRIGOGINE, Ilya & ISABELLE Stengers. **A Nova Aliança**, A Metamorfose da Ciência. Tradução: Miguel Faria e Maria Joquia Machado Trincheira. Brasília: Editora universidade de Brasília, 1984.

PRIGOGINE, ILYA, **"The Philosophy of Instability"**, Futures, 21, 4, pp. 396-400 (1989). In CAPRA, Fritjof. A Teia Da Vida. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

SCHRÖDINGER, Erwin. **O que é vida?** O aspecto físico da célula viva seguido de mente e matéria e fragmentos autobiográficos. Tradução: Jesus de Paula Assis e Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.

SEARLE, John. **Mente cérebro e ciência**. Tradução: Artur Morão. Lisboa: Edições 70, 1984.

VARELA, FRANCISCO e ANTÔNIO COUTINHO, **"Immuno-knowledge"**, in J. Brockman (org.), Doing Science, Prentice-Hall, Nova York, 1991. In CAPRA, Fritjof. A Teia Da Vida. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

VARELA, FRANCISCO, EVAN THOMPSON e ELEANOR ROSCH, **The Embodied Mind**, MIT Press, Cambridge, Mass., 1991. In CAPRA, Fritjof. A Teia Da Vida. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

WEISS, PAUL A., **Within the gates of science and beyond**, Hafner, Nova York, 1971. In CAPRA, Fritjof. O ponto de Mutação. 22ª ed. Tradução: Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1999.

WINER, NORBERT, **Human Use Of Human Beings**, Houghton Mifflin. In CAPRA, Fritjof. A Teia Da Vida. 7ª ed. Tradução: Newton Roberval Eichemberg. São Paulo: Cultrix, 2002.

- <sup>1</sup> Prigogine & Stengers, 1984
- <sup>2</sup> Morin, 2000
- <sup>3</sup> Gleick, 1989
- <sup>4</sup> Morin 1977, 2000
- <sup>5</sup> Descartes, 1980
- <sup>6</sup> Morin, 1980
- <sup>7</sup> Capra, 2002
- <sup>8</sup> Capra, 1999: 96
- <sup>9</sup> Kierkegaard, apud Guimarães, 1996, p. 21, 22
- <sup>10</sup> Needham, apud Capra, 1999: 101
- <sup>11</sup> Needham, apud Capra, 1999: 101
- <sup>12</sup> Needham, apud Capra, 1999: 101
- <sup>13</sup> Capra, 1999: 96
- <sup>14</sup> Weiss, apud Capra, 1999: 96
- <sup>15</sup> Capra, 1999: 97
- <sup>16</sup> Capra, 1999: 113
- <sup>17</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 64
- <sup>18</sup> Brenner, apud Capra, 1999: 115
- <sup>19</sup> Aristóteles, 2005: IX, 8, 1050 a 23
- <sup>20</sup> Kant, 1995: 253
- <sup>21</sup> Brandão e Crema, 1992: 90
- <sup>22</sup> Capra, 2002: 135
- <sup>23</sup> Capra, 2002: 59
- <sup>24</sup> Wiener, apud Capra, 2002: 59
- <sup>25</sup> Capra, 2002: 86
- <sup>26</sup> Capra, 2002: 85
- <sup>27</sup> Capra, 2002
- <sup>28</sup> Maturana e Varela, apud Capra, 2002: 136
- <sup>29</sup> Schrödinger. 1997: 79
- <sup>30</sup> Capra. 2002: 89
- <sup>31</sup> Capra, 2002: 89
- <sup>32</sup> Maturana e Varela, apud Capra, 2002: 89
- <sup>33</sup> Gleick, 1989: 58
- <sup>34</sup> Gleick, 1989: 56
- <sup>35</sup> Gleick, 1989: 66
- <sup>36</sup> Kauffman, apud Capra, 2002: 167
- <sup>37</sup> Lovelock, apud Capra, 2002: 90
- <sup>38</sup> Lovelock apud Capra 2002: 90
- <sup>39</sup> Lovelock, apud Capra, 2002: 91
- <sup>40</sup> Lovelock, apud Capra, 2002: 92
- <sup>41</sup> Capra, 2002: 135

- <sup>42</sup> Schrödinger. 1997: 17
- <sup>43</sup> Prigogine & Stengers apud Capra 2002: 148
- <sup>44</sup> Capra, 2002: 141
- <sup>45</sup> Schrödinger. 1997: 57-58
- <sup>46</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 105 - 110
- <sup>47</sup> Schrödinger. 1997: 58
- <sup>48</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 112
- <sup>49</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 114
- <sup>50</sup> Schrödinger. 1997: 59
- <sup>51</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 114
- <sup>52</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 114
- <sup>53</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 122
- <sup>54</sup> Prigogine 1989, apud Capra 2002: 151
- <sup>55</sup> Laplace, apud Capra 1995: 50
- <sup>56</sup> Prigogine & Stengers, 1984: 125
- <sup>57</sup> Prigogine & Stengers apud Capra 2002: 152
- <sup>58</sup> Schrödinger. 1997: 59
- <sup>59</sup> Capra, 2002: 153
- <sup>60</sup> Schrödinger. 1997: 83
- <sup>61</sup> Varela, apud Capra, 2002: 209
- <sup>62</sup> Capra, 2002: 210
- <sup>63</sup> Capra, 2002: 210
- <sup>64</sup> Churchland, 2004 :245
- <sup>65</sup> Churchland, 2004 :244
- <sup>66</sup> Churchland, 2004 :255
- <sup>67</sup> Fetzer, 2000: 210 a 212
- <sup>68</sup> Varela, apud Capra 1995: 209
- <sup>69</sup> Searle, 1984: 39
- <sup>70</sup> Maturana, 1970 apud Capra, 2002: 210
- <sup>71</sup> Merleau-ponty, 2000: 282
- <sup>72</sup> Varela, Francisco e Antônio Coutinho, apud Capra, 2002: 220
- <sup>73</sup> Pert, Candace, apud Capra, 2002: 221 e 222
- <sup>74</sup> Capra, 2002: 222
- <sup>75</sup> Pert, Candace, apud Capra, 2002: 222
- <sup>76</sup> Searle, 1984: 28 - 29
- <sup>77</sup> Trecho da carta do Cacique Seattle ao Presidente dos EUA em 1855