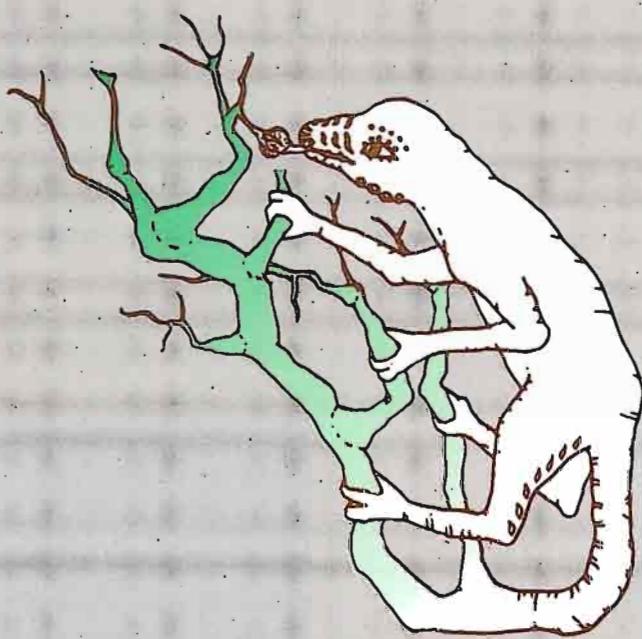


A árvore do conhecimento



**Humberto Maturana R., Ph. D.
Francisco Varela G., Ph. D.**



EDITORIAL PSY

Humberto Maturana R., (Ph. D.)
Francisco Varela G., (Ph. D.)

A ÁRVORE DO CONHECIMENTO

*As bases biológicas do
entendimento humano*

Tradução

Jonas Pereira dos Santos

Editorial Psy II

1995

Título original

Der Baum der Erkenntnis

Die Biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens

Copyright © 1987 by Scherz Verlag, Berna, Munique e Viena

Conselho editorial

José Carlos Vitor Gomes

Maria Aparecida Lovo

Tradução

Jonas Pereira dos Santos

Revisão técnica

José Carlos Vitor Gomes

Diagramação

Micro Laser Comercial Ltda - ME

Coordenação editorial

Lucélia Caravieri Temple

ISBN: 85.85.480-21-1

Direitos reservados para a língua portuguesa:

WORKSHOPSY - Livraria, Editora e Promotora de Eventos

Fone: (0192) 31.9955

Caixa Postal 691

CEP: 13001-970

Campinas - São Paulo - Brasil

Proibida a reprodução total ou parcial por qualquer meio de impressão idêntica, resumida ou modificada, em língua portuguesa ou qualquer outro idioma.

“Amplia o espaço de tua tenda e nela
estende teus tapetes, pois hás de te
locomover em todas as direções.”

Isaias

Sumário

PREFÁCIO: Ao pé da árvore	9
CAPÍTULO I: Conhecendo o conhecer.....	59
CAPÍTULO II: A organização dos seres vivos	75
CAPÍTULO III: História: reprodução e hereditariedade	95
CAPÍTULO IV: A vida dos metacelulares	111
CAPÍTULO V: A deriva natural dos seres vivos.....	129
CAPÍTULO VI: Domínios de conduta.....	153
CAPÍTULO VII: Sistema nervoso e conhecimento	171
CAPÍTULO VIII: Os fenômenos sociais.....	205
CAPÍTULO IX: Domínios lingüísticos e consciência humana.....	229
CAPÍTULO X: A árvore do conhecimento.....	257
Glossário.....	267
Fontes das ilustrações.....	271
Índice remissivo	277

AO PÉ DA ÁRVORE

**Prefácio
por
Rolf Behncke C.**

“A guerra... a guerra... Sempre somos contra a guerra, mas, depois de tê-la feito, não podemos viver sem ela. A todo momento queremos voltar à guerra.”

Che Guevara a Pablo Neruda em *Confesso que vivi*.

“Os processos políticos não são senão fenômenos biológicos, mas qual político sabe disso?”

Gregory Bateson, *Passos para uma ecologia da mente* (*)

* *Steps to an ecology of mind* (1972), Nova Iorque. Bateson pode ser considerado o “pai” da análise das perturbações mentais na perspectiva de sistema, em que o sujeito “perturbado” é apenas um componente de uma dinâmica de atividade social já estabilizada. Sua decidida pressão para que se encontrasse uma explicação para o fenômeno do conhecimento humano a partir da perspectiva cibernetica faz dele um fundador no campo da cibernetica de segunda ordem.

Primeiras folhas: a necessidade de nos conhecermos

*"Para levantar uma carga muito pesada é preciso conhecer seu centro.
Assim, para que os homens possam embelezar suas almas, é necessário que conheçam sua natureza."*

Egonáutica¹

As ciências sociais, em particular a economia, as ciências políticas e as ciências da educação, estão fundadas numa adequada compreensão da natureza do processo de aprendizagem humana, a partir do qual se determina a diversidade das condutas humanas? Caso não, poderiam elas vir a sê-lo? Ou seja, poderia o ser humano desenvolver uma teoria capaz de dar conta dos processos que geram sua própria conduta, incluída a conduta autodescritiva, isto é, a conduta de descrição de si mesmo ou autoconsciência?

¹ Fragmento de um poema que escrevi quando estudante de engenharia, cujo tema era o navegar por dentro da alma da engenharia do futuro, sendo eu um "egonauá" de minha profissão, transformada em conhecimento da natureza humana. Além disso, essa necessidade se tornou tão forte que, ao concluir o curso de engenharia, fui estudar biologia.

É possível explicar a grande dificuldade de poder atingir um desenvolvimento social harmônico e estável (aqui e em qualquer parte do mundo) através do vazio de conhecimentos do ser humano sobre a sua própria natureza? Noutras palavras, será possível que nossa grande eficácia para viver nos mais diversos ambientes se veja eclipsada e por fim anulada diante de nossa incapacidade para conviver com os outros? Será possível que a humanidade, tendo conquistado todos os ambientes da Terra (inclusive o espaço extraterrestre), possa estar chegando ao fim, enquanto nossa civilização se vê diante do risco real de extinção, só porque o ser humano ainda não conseguiu conquistar a si mesmo, compreender sua natureza e agir a partir desse entendimento?

Infelizmente, tudo parece indicar que já entramos na etapa final desse caminho em que a incompreensão dos seres humanos entre si ameaça com a destruição sistemática não só a vida humana no planeta, mas principalmente a vida interior, a confiança básica recíproca, que é o suporte fundamental do viver social. Pouco a pouco, parece que estamos nos aproximando do momento em que o grande, poderoso e aparentemente indestrutível navio que é nossa moderna civilização colidirá contra a grande massa submersa de nosso formidável auto-engano, da estéril racionalidade com que falseamos nossa natureza (social) e que nos conduziu a essa titânica confrontação de forças em que todo entendimento, toda reflexão profunda, toda revisão da responsabilidade pessoal que cabe na geração desse abismo parecem sistematicamente abolidos, já que “a culpa de tudo é sempre dos outros”. Se, por assim abandonar o timão do nosso humano poder de reflexão que permite a mudança de curso, sobrevier o momento do iminente naufrágio e do grito de “salve-se quem puder!”, pessoalmente espero não estar vivo para presenciar tal holocausto. Enquanto isso não acontece, ainda há tempo, mas empregá-lo em quê? Voltaremos atrás. Em que os economistas, os nossos políticos, os educadores sociais, os meios de informação estão empregando seu tempo?

Cruzamento de curvas de oferta e procura, urgência de liquidez a curto prazo, segurança interna, geopolítica, trans-

missão de conhecimentos e informação de acontecimentos (entre outras coisas), mas onde está o essencial? O que se aventa como solução para conseguir uma harmonia social a longo prazo? Que escola de economia ou de ciências políticas centra seus estudos em torno do processo fundamental da sociedade — *a aprendizagem?* Porque o processo de aprendizagem, para os seres sociais, é tudo. *Não nascemos nem amando nem odiando ninguém em particular.* Como então aprendemos isso? Como o ser humano é capaz de odiar com tanta virulência, a ponto de destruir os outros, mesmo à custa de sua própria destruição na tentativa? (ele começa a aprender isso já em sua própria família). Porventura sabemos como o nosso sistema nervoso opera e que relação ele tem com o tremendo poder especificador de realidade que é a imitação do comportamento? Aqui está a chave. Para a compreensão desse processo deveriam convergir todas as forças e interesses das ciências sociais. Mais ainda: dada a importância do processo de aprendizagem social na evolução cultural de uma sociedade, essa matéria deveria ser tema obrigatório de debate acadêmico na formação curricular de todo profissional (cientistas políticos, educadores, Forças Armadas, homens de empresa, comunicadores sociais etc.), considerando-se a imensa responsabilidade social que eles têm na evolução dos bem complexos sistemas sociais modernos, o que faz com que a cibernetica (sistêmica) aplicada ao social seja um complemento básico para tais funções.

Porventura nossos economistas (de qualquer ideologia) sabem por que a psiquiatria, a psicologia, a sociologia fracassaram tão redondamente (até agora) em fornecer uma explicação adequada a esse processo de aprendizagem como parte da natureza sociobiológica do ser humano? Por que eles não sabem disso? Há alguém sequer, dentre as autoridades com grande poder de decisão, seja qual for o governo, de qualquer parte do mundo, que se interesse seriamente em saber disso? E no entanto a resposta a tal pergunta é vital para o nosso próprio desenvolvimento, pois nos permitiria guiar com mais acerto nossa evolução cultural e humana, visto que ela nos faria compreender a natureza da formação de uma sociedade como conjunto e nosso papel individual nela. Tal coisa é im-

portante, pois é desse processo de interações humanas que surgem inevitavelmente as divergências incompatíveis: por que surgem? como não são absorvidas de forma natural? por acaso existe a possibilidade de recorrermos a algum mecanismo efetivo para o entendimento social que nos permita afastar-nos do pântano de areia movediça que é a tentação do uso da força para ter razão?

Não obstante, fala-se e exorta-se a que realizemos uma quimérica unidade (em nome do quê?), que na maioria das vezes só é efetiva quando se trata não de realizar uma convivência comunitária de fato, mas de promover uma aliança ideológica que tem por objetivo utilizar nossos impulsos altruístas e de formação grupal para lançar-nos contra outros grupos humanos unidos da mesma maneira, mas sob bandeiras diferentes. Exatamente como se nosso planeta não tivesse outro destino, que não o de ser um gigantesco estádio de futebol bélico em que o jogador inimigo se nos apresenta sempre como que atentando contra os nossos mais sagrados valores, lá longe, na espessa noite de sua maldade preconcebida, sem que jamais pensemos que talvez o processo de aprendizagem social seja uma só trama apertada de relações humanas, na qual nossos próprios atos estão contribuindo constantemente para aumentar a polarização e a divergência social, cavando com isso nosso próprio abismo, mesmo quando acreditamos lutar pela nobre causa da “verdade” que o outro, em sua cegueira intencional, não pode nem quer reconhecer como tal.

Seja como for, fala-se de “unidade”, mas não há preocupação em saber qual é o processo de aprendizagem social que produz a feroz divergência. Isso é no mínimo uma estranha contradição ou um crasso esquecimento. Em todo o caso, a resposta à pergunta anterior é muito simples e está ao alcance da mão de todo aquele que aprofunde um pouco sobre o tema. A razão pela qual não foi possível (até há poucos anos) fornecer uma descrição precisa de nossos processos de aprendizagem é que proporcionar uma descrição científica ou “objetiva”, como tradicionalmente se pensa, de *um fenômeno em que o próprio pesquisador está envolvido*, pretendendo não estar, é uma flagrante contradição conceitual, e desta forma nos im-

possibilita adquirir esse conhecimento como operar universal da natureza humana.

O conhecimento não poderá entrar com passo firme no recinto das ciências sociais se pretender fazê-lo sob a concepção de que o conhecer é um conhecer “objetivamente” o mundo e, portanto, independente daquele(s) que faz a descrição de tal atividade. Não é possível conhecer “objetivamente” fenômenos (sociais) nos quais o próprio observador-pesquisador que descreve o fenômeno está envolvido. Foi justamente essa noção do “conhecer” que bloqueou firmemente a passagem do conhecimento humano para a compreensão dos seus próprios fenômenos sociais, mentais e culturais.

Por isso mesmo, temos assistido, nos últimos cem anos, à proliferação de todo tipo de teorias sobre o comportamento humano, que se baseiam, em última instância, apenas em *pressuposições acerca dos processos operacionais que geram o comportamento humano* (ou seja, nossos processos de aprendizagem), dada a impossibilidade de responder, a partir do enfoque tradicional das ciências naturais, às três perguntas-chave sobre o operar de nossa própria natureza, que são:

1. Qual é a organização de todo ser vivo?
 2. Qual é a organização do sistema nervoso?
 3. Qual é a organização básica de todo sistema social?
- Ou, o que dá no mesmo, quais são e *como surgem* as relações comportamentais que originam toda cultura?

Desse modo, afirmou-se que os comportamentos são geneticamente determinados; que o ser humano é instintivamente agressivo; que os comportamentos são resultado das relações sociais de produção; que os organismos vivos agem por “instruções” ou “informação” provinda do meio ambiente, e que eles aprendem a representar em seu sistema nervoso (memória); que o sistema nervoso, em seus processos de percepção, opera captando, processando, acumulando e transmitindo informação etc. O problema, para validar essas hipóteses como verdadeiras, é que nenhuma dessas teses contou com uma

resposta adequada para resolver a dificuldade central do conhecimento humano, que consiste em reconhecer sua natureza circular, em reconhecer o que eu chamo de fenômeno da tautologia cognoscitiva.²

Com essa terminologia refiro-me ao fato de que o universo de conhecimentos, de experiências, de percepções do ser humano não é passível de explicação a partir de uma perspectiva independente desse mesmo universo. Só podemos conhecer o conhecimento humano (experiências, percepções) a partir dele mesmo.

“Isso não é um paradoxo; é a expressão de nossa existência em um domínio de conhecimento no qual o conteúdo do conhecimento é o próprio conhecimento. Para além disso, não é possível dizer nada.”

Humberto Maturana Romecín dirá essas palavras na introdução à sua obra capital, *Biology of cognition*. Por sua vez, contudo, essas palavras impelem todo pesquisador social a se conscientizar do que elas implicam; depois, tendo assumido seriamente que esse é o coração do problema do conhecer humano, já não poderá se esquivar dele. Desse modo, o tranquilo pesquisador que alegremente percorria seu caminho, confiante na realidade “objetiva” das sementes de “verdades” que se aninhavam em seu coração, ver-se-á bruscamente interceptado diante desse abismo aberto pelas inevitáveis perguntas que persistem (o problema da circularidade ou tautologia cognoscitiva) e que o obrigarão a construir uma nova e consistente ponte de valor universal, se desejar chegar ao mundo humano cruzando o espaço conceitual desse brutal desafio.

Como a consciência humana pode descrever (com validade universal) seu próprio operar? Como pode a consciência descrever a atividade subjacente à consciência, da qual surge

2 Tautologia: uma afirmação que se valida a si mesma, como, por exemplo, definir um homem “bom” como aquele que pratica atos “bondosos”, definindo, por sua vez, atos bondosos como aqueles que são próprios de um homem “bom”. Tautologia, portanto, é uma definição não especificada por variáveis independentes da própria definição.

a capacidade do observador de fornecer descrições efetivas sobre si mesmo, se não é possível tocar o mundo subjacente à consciência, a não ser com a mesma consciência, com o que tal mundo deixa imediatamente de subjazer a ela? Se a isso acrescermos a problemática da linguagem, formularemos a questão da seguinte maneira: Como pode a consciência dar conta de si mesma, em termos tais que essa explicação descritiva tenha validade universal, se os significados utilizados na linguagem são sempre gerados em uma cultura particular? Como podem então as afirmações sobre o operar, do qual surge a consciência, ter valor universal, ou seja, valor transcultural, se já vimos que estamos impossibilitados de fazer uso do conceito de conhecer como conhecer "objetivo", independentemente do observador, se queremos dar conta de nossos próprios processos de percepção e conhecimento como seres observadores? Como pode a águia da inteligência caçar a si mesma em seu reflexo?

Esse é o problema da tautologia cognoscitiva por resolver, se pretendemos responder a nossas três perguntas-chave sobre os seres vivos, o sistema nervoso e o surgimento da organização social, que por sua vez conformam o fundamento primário, para falar em termos precisos sobre os fenômenos de comunicação, aprendizagem social e evolução cultural.

A razão que nos obriga a enfrentar essa serpente que se alimenta comendo a própria cauda é que estamos tentando responder a essas perguntas *a partir da perspectiva das ciências naturais* (diferentemente do mundo da fé ou das crenças). Logo, para dizer como opera um sistema (social, neste caso) a partir dessa perspectiva, devemos conhecer tanto a sua organização como a sua estrutura. Ou seja, devemos mostrar tanto as relações entre componentes que o definem como tal (organização) como os componentes com suas propriedades mais as relações que o realizam como uma unidade particular (estrutura).

Aqui surgem então nossos problemas de fundo: 1) Qual é a organização constituinte própria de qualquer sistema social? e 2) Como surge a *propriedade* de autodescrição, de auto-observação, de autoconsciência, que caracteriza os componen-

tes de um sistema social humano, se esta é uma propriedade deles enquanto componentes de um sistema social?

É esta última pergunta que nos introduz certeiramente no mundo de espelhos da tautológica circularidade cognoscitiva, posto que, para resolver tal problema a partir da perspectiva das ciências naturais, devemos mostrar a organização e a estrutura de um sistema social, tendo para isso aplicado, na geração de nossas explicações, o critério de validação das afirmações científicas. Neste caso particular, isso significa o formidável desafio de que podemos ser capazes de gerar um mecanismo explicativo (experiencial-operacional) que mostre como é possível que tal atividade proposta gere *por si mesma* o fenômeno do qual se quer dar conta, e, em nosso caso específico, o fenômeno da autodescrição ou autoconsciência.³

Seria de esperar então que, dada a limitação que a suposição *a priori* da objetividade introduz na compreensão do fenômeno social, por impedir a visualização da participação geradora de mundo que cada ser humano (ou seja, cada observador) tem como componente na constituição de tal sistema, os governantes, os educadores, os economistas, os jornalistas, os homens de armas e todos aqueles a quem a comunidade delega responsabilidades sociais gerais, bem como todos os membros da comunidade, estivessem atentos a qualquer mudança conceitual que permita a compreensão fundamental de tal participação geradora e sua responsabilidade nela. Bem, não é mau começar por reconhecer que não é justamente isso o que ocorre. No entanto, foi em 1970 que um pesquisador no âmbito da neurobiologia (no fundo, cibernetica de segunda ordem) teve a audácia de aceitar que o fenômeno do conhecer poderia ser explicado como fenômeno biológico, *apoando-se precisamente na participação do observador na geração do conhecido.*

3 No terceiro volume desta mesma série, veremos detalhadamente que o próprio das afirmações científicas é este processo de geração de explicações baseadas numa atividade experiencial que deve gerar por si mesma o fenômeno que está sendo observado. Ou seja, são *explicações gerativas* do fenômeno a ser explicado.

Depois disso foram realizados, ao longo de toda a década passada (particularmente na Europa e nos Estados Unidos), congressos voltados para a análise das numerosas repercuções que teria o fato de assumir seriamente a visão que essa nova perspectiva revela para os fenômenos sociais. Em todo caso, parece que tais avanços do intelecto humano chegam remando bem devagar a estas longínquas costas do Pacífico Sul. Isso é algo incrível, já que o homem que justamente “desbloqueia” o caminho para uma pesquisa rigorosamente científica das ciências sociais, resolvendo o nó górdio da circularidade cognoscitiva, é chileno, como chilena é também boa parte dos pesquisadores que ampliaram a extensão de tal visão. Além disso, esse grande cientista ensina na Universidade do Chile desde 1960.

Como explicar essa ignorância de mais de uma década numa matéria tão vital para os pesquisadores sociais, humanistas, educadores, meios de comunicação e autoridades em geral? E vital sobretudo para ampliar os horizontes dos estudantes tanto colegiais como universitários e de instituições de ensino superior, independentemente da profissão escolhida, posto que se trata de conhecimentos altamente necessários para a sociedade (seja ela qual for), cujas principais características são a transculturalidade, a transdisciplinaridade e por isso mesmo a transideologicidade.

Eu não saberia dar uma resposta apropriada a esse desinteresse em conhecer como opera a própria natureza, mas imagino que, se Nietzsche assistisse a essa indiferença generalizada diante de um tema tão crucial para nossa sobrevivência de seres sociais, sem dúvida comentaria, com seu irônico e habitual sarcasmo: “humano, demasiado humano”. Quanto a isso, é justamente no livro assim intitulado que podemos ler sua opinião sobre os processos que originam as culturas ou, em termos mais modernos, sobre os processos (relações comportamentais humanas) que conformam a organização dos sistemas sociais.

“A humanidade deve se propor metas universais que abarquem todo o planeta... Se a humanidade não há de se des-

truir devido à posse consciente de tais metas universais, deve antes de tudo atingir um conhecimento sem precedentes a respeito das *condições básicas geradoras da cultura*, como um guia científico para as metas universais. Nisso radica o incrível desafio a ser enfrentado pelos grandes espíritos do século vindouro.”

Mas, atrasados ou não, só podemos contar com o presente, e o que realmente importa neste contexto é ver se sacudimos essa inércia intelectual de operar (explícita ou implicitamente) com teses sobre a conduta humana e os processos de aprendizagem subjacentes a toda cultura, que são de fato *ineficazes* para nos explicar nossas crescentes divergências, e *inoperantes* para produzir um encontro humano por meio do entendimento do operar universal de nossos processos de aprendizagem comportamental (cultural).

O que a ciência abriu a todas as suas disciplinas, e em particular às ciências da vida e às ciências sociais (com os processos de decisões sociopolíticas que emanam destas últimas), foi não a “verdade” particular de uma nova ideologia (posto que o mundo científico lida com confirmações de validade experencial universal no âmbito humano), mas sim uma nova perspectiva sobre a natureza humana, um novo cume a partir do qual podemos visualizar coerentemente o próprio vale onde vivemos. Com isso se nos abriu um novo espaço intelectual e espiritual, tanto de debates como de renovação pessoal e social, no qual deveremos levar até o limite do possível toda discussão acerca do tema, pois a criação de consenso sobre o operar de nossos processos de aprendizagem social é vista como a única alternativa válida racional que nos resta para reduzir as tensões sociais e reverter o processo de desintegração das sociedades modernas, levando estas últimas, em contrapartida, a uma construção social de colaboração mútua.

Não é difícil perceber isso, pois se só é possível *discrepar sobre uma base de consenso* (do contrário, só haverá enfrentamento de forças), estamos *ad portas* da possibilidade de abrir debates em qualquer nível sobre o operar de nossa natureza universal, a fim de produzir um domínio de consenso que

possibilite o entendimento entre nossas complexas sociedades modernas tão interdependentes umas das outras.

Não se vá acreditar que isso é apenas outra roupagem de nossa conhecida deusa Utopia, pois de fato contamos com os dois poderosos recursos necessários para obter tal consenso.

1. Nosso altruísmo biológico natural e a necessidade que temos como indivíduos de fazer parte de grupos humanos e de operar em consenso com eles, fenômenos esses que se dão em todos os seres cuja existência transcorre num meio social.

2. O formidável poder de transformação do próprio mundo de que dispomos, graças à nossa colossal faculdade que é a reflexão consciente.

No primeiro caso, esse poderoso impulso biológico fundamental de cooperar com (e dar a vida por) nossos semelhantes passa tradicionalmente despercebido em sua característica primária, i.e., de ser puramente uma força biológica comum a todos os seres sociais, acreditando-se, ao contrário, que é expressão de nossa “evolução” cultural civilizada, de uma “conquista” de nossa racionalidade. Ao invés disso, este livro mostrará que os impulsos altruístas, presentes desde o começo de nossa vida de seres sociais (centenas de milhões de anos atrás), são a condição biológica de possibilidade do fenômeno social: *sem altruísmo não há fenômeno social*. Triste é constatar que as condições atuais de nossas sociedades estão atentando contra a plena realização desse altruísmo biológico natural e suicidando nossa vida social ao se empregar contra outros seres humanos a força de coesão social que brota de nossos naturais impulsos e necessidades de comunicação e de pertença a um meio comunitário e cultural.

Infelizmente ainda não aprendemos a nos conduzir de maneira a poder ampliar a escala de ação (para toda a humanidade) desses magníficos impulsos co-naturais ao ser social, e, embora os utilizemos em alianças que são forças de choque contra outras alianças, é em tal expressão de nossa natureza social que radica a esperança de nos tornarmos verdadeiramente humanos, com toda a carga ética que essa expressão

implica. Atenhamo-nos, pois, tanto quanto possível, busquemos o realizável no presente humano para um presente ainda mais humano, não para utopias irrealizáveis, baseadas na negação de grupos culturais entre si, porque cada um se crê detentor da verdade. Submerjamo-nos no *entendimento biológico do ser humano em sua convivência*, já que é aí que existem e ocorrem essas poderosas forças naturais de coesão social que veremos como parte essencial do processo que conforma a própria origem de nossa consciência.

O que precisamos então não é criar impulsos biológicos novos, nem tentar melhorar a inteligência humana por meio da engenharia genética, nem esperar uma ajuda sobrenatural ou extraterrestre que não chegará. A única coisa que podemos e devemos fazer é libertar em toda a sua extensão esses impulsos biológicos naturais que já possuímos, prestando-lhes toda a ajuda que pudermos, removendo, com nossa reflexão consciente, todos os ramos, muros e toneladas de rancores acumulados como escombros que os sufocam e esmagam, já que, estando como estão, acham-se orientados contra outros homens, o que impede de libertá-los na plena manifestação de sua maravilhosa dimensão natural, que é nossa realização existencial de seres sociais e sociáveis.

No que tange ao segundo poder, o poder da reflexão consciente, é provavelmente nossa milenar ignorância sobre as suas origens (como se gera, como surge a reflexão consciente na natureza) que nos impede de usá-lo de outra maneira que não como arma defensiva dos próprios interesses, impossibilitando-nos assim de lançar mão da tremenda potência do poder da reflexão numa decidida transformação não já do mundo (de regularidades físicas) que nos cerca, mas sim em nós mesmos e em nossas relações sociais. Se diante da diferença com o outro geralmente reagimos selando o valor, o significado de tal diferença, com o estigma de uma divergência cultural (ou pessoal) que revela uma incompatibilidade de fundo que não estamos dispostos a rever, nunca atingiremos uma convivência criativa e sempre estaremos generalizando o rancor, que se transforma num agressivo controle ou numa submissão hipócrita. Por isso, e devido ao fato de que tal dinâmica não tem

saída em si mesma, mas a partir de um novo plano de compreensão dessa situação, enquanto não se buscar tal plano continuará ocorrendo o que hoje se vê, por não saber o que fazer nem como refletir para absorver tais contradições, afundamos cada vez mais no pântano, defendendo nossas inflexíveis certezas, o que precisamente alimente a violência social, num destrutivo círculo vicioso.

Assim, a imperiosa necessidade de dar uma guinada, de promover uma transformação interna à “vivência da humana-dade”, só terá sentido realista se se começar pela reflexão aplicada à própria transformação individual, pois todos nós contribuímos para que nosso mundo seja o que é: um mundo pelo qual cada dia é mais difícil sentir admiração e respeito, numa condição que, como bem sabemos, torna tudo ainda mais difícil.

Só quando, em nosso ser social, chegarmos a duvidar de nossa profundamente arraigada convicção de que nossas inabaláveis e “eternas” certezas são verdades absolutas (verdades inobjetáveis sobre as quais já não se reflete), aí então começaremos a nos desvincilar dos poderosíssimos laços que a armadilha da “verdade objetiva e real” tece. Desumana armadilha esta, pois nos leva a negar outros seres humanos como legítimos possuidores de “verdades” tão válidas como as nossas. Só na reflexão que busca o entendimento nós, seres humanos, poderemos nos abrir mutuamente espaços de coexistência nos quais a agressão seja um acidente legítimo da convivência e não uma instituição justificada com uma falácia racional. Só então a dúvida sobre a certeza cognoscitiva será salvadora, pois levará a refletir para o entendimento da natureza de si mesmo e dos semelhantes, ou seja, para a compreensão da própria humanidade, o que libertará por acréscimo os impulsos biológicos de altruísmo e cooperação de sua asfixiante clausura que é a sua utilização na união com outros seres humanos para a negação de outros seres humanos.

Se não agirmos desse modo, que implica nos aventurarmos por novas sendas rumo ao entendimento mútuo, baseado numa reflexiva criatividade social, só nos restará fazer o

que continuamente estamos fazendo nas espontâneas tendências do que já nos é cotidiano, ou seja, na maioria dos casos, continuarmos nos enterrando cada vez mais no pantanoso poço de *uma cega e surda guerra que provoca a guerra*. Se o conhecido atrai (e retém numa “fixação” da verdade) justamente por ser terreno “conhecido”, sob o aval de poderosas e “sagradas” tradições, ao convertê-las em verdades absolutas fazemos de tais certezas as maiores barreiras na compreensão social mútua, e, se queremos superá-las, o caminho então é educar-nos e educar nossos filhos na aventura do conhecimento que nos espera mais à frente como culminância de um esforço bem dirigido, do “conhecido por criar” num entendimento social que ainda não existe. Não devemos nos esquecer de que a criação é sempre uma nova etapa, mas construída com materiais “velhos”. Criar o conhecimento, o entendimento que possibilita a convivência humana, é o maior, mais urgente, mais grandioso e mais difícil desafio com que se depara a humanidade atualmente.

Continuar nos enganando na consideração de que o progresso da humanidade repousa na expansão (freqüentemente sob coerção) de nossos dogmas e crenças sobre a natureza social humana não é mais que uma trágica perda de tempo, pois de fato tais concepções se revelam incapazes de absorver as crescentes contradições (e suas respectivas tensões sociais) que surgem *em virtude da nossa atual forma de convivência*. Por isso mesmo é que nós, seres humanos, estamos presos, escravizados e assustados com o presente que geramos, numa condição humana que, ainda não podendo visualizar a si mesma quanto aos seus processos constituintes, não sabe como evitar as tensões autodestrutivas. Em contrapartida, se nossa convivência se desse com base na compreensão de tais processos, fluiria de nossas relações um entendimento que nos tornaria senhores responsáveis por nossas próprias forças.

A libertação do ser humano está no encontro profundo de sua natureza consciente consigo mesma. *Continentia ens sociale* (a consciência em um ser social); não podemos, por isso, chegar a esse encontro pela via da guerra, em qualquer das suas múltiplas dimensões. O caminho da liberdade é a criação

de circunstâncias que libertem no ser social seus profundos impulsos de solidariedade para com qualquer ser humano. Se pudéssemos recuperar para a sociedade humana a natural confiança das crianças nos adultos, essa seria a maior conquista da inteligência, operando no amor, jamais imaginada.

Pelo contrário, a paz obtida pela negação do outro (nas múltiplas formas com que essa negação se manifesta) nos desvia desse caminho de entendimento mútuo. Por um lado, porque a incomunicação que tal rejeição e indiferença produz impede a colaboração, reduzindo-se, portanto, a solidariedade social espontânea e a criatividade que esta traz consigo. Por outro lado, porque lutar por uma certa forma de estabilidade social, no caso em que esta é conquistada pelo chamamento à negação de outros, *que gera o ódio mútuo*, é uma falácia em sua própria natureza e equivale, de fato, a caminhar com a ajuda de uma bengala de aço na serena quietude de um barril de pólvora.

Brotos de inspiração

"Como diz São João: 'No princípio era o Verbo.'

*Nada é se não se distingue, se não há uma
ação, um verbo que o tire do nada."*

H.M.R.⁴

Prossigamos então com nosso tema original, que é a pergunta pelo requisito que nos possibilitaria elaborar uma teoria científica dos processos de aprendizagem social. Vimos que, para tanto, requer-se essencialmente contar com uma teoria científica explicativa do processo operacional pelo qual surge a própria faculdade que o observador possui (comunidade de observadores) *de fornecer descrições sobre si mesmo*, ou seja, requer-se mostrar o surgimento do ser observador, do fenômeno de observação consciente ou auto-observação; em suma, o surgimento do ser autoconsciente.

Tradicionalmente, tende-se a considerar que o conhecer autoconsciente é a coroação evolutiva dos processos cog-

4 Em "Luco, o cientista". Homenagem aos cinqüenta anos de atividade universitária do professor Joaquín Luco (neurofisiologista, Universidade Católica).

noscitivos (perceptivos) dos seres vivos, e que a consciência humana é portanto consequência direta da complexidade biológica do nosso cérebro, cuja função é processar e manipular “informação” concernente ao mundo que nos rodeia. Noutras palavras, que o surgimento da autoconsciência na linguagem humana se dá mediante a comunicação de “representações” do mundo que os organismos humanos adquirem por meio de mecanismos selecionados (de cognições do próprio mundo) ao longo da filogenia da espécie, e que a ontogenia individual “adapta” (dentro do limite possível) à sua própria sobrevivência.⁵

Com essa perspectiva postula-se então a possibilidade de conhecer “objetivamente” o fenômeno do próprio conhecer humano, ou do surgimento da autodescrição consciente, como processo baseado em interações entre o mundo-objeto e o sujeito (observador) que conhece.

Como se chegou a postular esta última concepção do conhecimento no contexto biológico?

Essencialmente, da observação quanto às interações comportamentais dos seres vivos em seu ambiente e do fato de se ver que tais interações são tão “úteis” à sobrevivência do indivíduo que aparecem como se este viesse ao mundo já com conhecimentos “prévios” que o processo de seleção evolutiva da espécie “armazenou” (por seleção diferencial) em sua sobrevivência. Ou seja, que o conhecimento é um processo de “armazenamento” de “informação” sobre o mundo ambiente, e que o processo de viver é portanto um conhecer como “adaptar-se” a este mundo adquirindo mais e mais “informação” sobre sua natureza.

Por que se pensa que isso é assim?

Consideremos um experimentador clássico no momento de sua pesquisa. O que faz ele? Tem diante de si um animal (ou parte do animal) qualquer, digamos, um macaco, e pode

⁵ Essa é essencialmente a conclusão de biólogos como Konrad Lorenz e Rupert Riedl, como se pode depreender da obra desses autores.

observá-lo sob três tipos de condições diferentes: a) locomovendo-se livremente em seu ambiente natural; b) numa jaula; e c) anestesiado e com eletrodos inseridos no cérebro. Neste último caso, o observador examina a atividade do cérebro verificando as variações produzidas num osciloscópio, contingentes a mudanças ambientais que ele provoca e que considera como objetos perceptivos para o animal. Pois bem, a situação em qualquer dos três casos é essencialmente a mesma: um triângulo formado pelo *experimentador-observador*, no vértice superior, pelo *organismo* do macaco, num vértice da base e, no outro, pelo *ambiente* circundante ao macaco.

Temos assim nosso experimentador, sentado como um Deus que olha o mundo "de cima", vendo a conduta do nosso macaquinho em relação às variações que o ambiente experimenta, empenhando-se em extrair conclusões "objetivas", ou seja, independentes de sua própria interação com o animal e esse ambiente. Tradicionalmente é assim que se trabalha, mesmo quando se substitui o animal por um ser humano, já que sempre se tem o triângulo formado por: observador — organismo observado — ambiente, com o observador tratando tanto o organismo como o ambiente como independentes de si mesmo. Isso se deve à seguinte suposição: para o observador tradicional, é evidente que a trajetória do sol é operacionalmente independente do comportamento do macaquinho e que o comportamento deste último é dependente da posição do sol (dos fenômenos de luz e sombras). A mesma coisa lhe parece válida para qualquer fenômeno atmosférico ou estímulo que ele utilize no laboratório e que vê como independente do organismo em estudo. Pelo contrário, o comportamento do animal lhe parece (ao observador tradicional) variar segundo os estímulos ambientais, sendo-lhe evidente que, se o organismo não se adaptar a tais mudanças, poderá morrer.

O que o observador tradicional conclui de tudo isso?

Primeira conclusão: existe um ambiente cuja dinâmica é operacionalmente independente do ser vivo em estudo, dinâmica à qual o observador tem acesso (conhecimento) independente da dinâmica de tal ser vivo.

Segunda conclusão: a dinâmica do ser vivo em estudo depende das mudanças ambientais, e esse ser sobreviverá se se adaptar a tais mudanças, ou seja, se as “incorporar” em seu conhecer (processos cognoscitivos) reagindo adequadamente a elas.

Somando ambas as conclusões para o observador tradicional: o conhecer é um adquirir informação de um ambiente cuja natureza é operacionalmente independente do fenômeno do conhecer, num processo cuja finalidade é permitir ao organismo adaptar-se a ele (ao ambiente). Pois bem — diz o observador-pesquisador —, como eu sou um ser vivo, *isso deve ser válido igualmente para mim*, em razão do que meu processo de conhecimento deve consistir em obter a maior “informação” possível sobre a natureza que me cerca, a qual é de uma dinâmica operacional independente dos meus próprios processos cognoscitivos e diante da qual meu conhecer me permite sobreviver. Quanto mais informação eu adquirir sobre a constituição da “natureza em si”, tanto mais objetiva será minha visão acerca dela e tanto mais verdadeiro meu conhecimento obtido nesse contínuo *tête-à-tête* entre meus próprios mecanismos cognoscitivos e a dinâmica de variação do mundo-objeto ambiental.

Mas essa extração, que é tão tentadora subscrever, é justamente a armadilha.

Armadilha porque, embora se possa postular a existência de tal natureza como cognoscível em sua verdade última, independentemente dos próprios processos orgânicos que geram nossas experiências perceptivas, não é possível demonstrar nem sua existência nem sua constituição com independência da experiência perceptiva que é o ato de observação do presente, ato este que transcorre sempre e só tem existência no ser de um ser vivo que além disso deve ser um ser autoconsciente de tal experiência.

Nosso observador-pesquisador não poderá então, se se tomar a si mesmo como objeto de estudo (seus próprios processos cognoscitivos), dizer com tanta desenvoltura que ele pode se colocar numa perspectiva tal que seus conhecimentos sobre o ambiente serão independentes de suas próprias expe-

riências perceptivas com as quais ele experimenta perceptivamente tal ambiente.

Noutras palavras, se antes ele tinha acesso independente, por um lado ao ambiente do macaco, por outro à dinâmica de atividade do cérebro do macaco (ou seu comportamento) e como esta última variava segundo os estímulos ambientais, agora, ao examinar seus próprios processos cognoscitivos, ele não tem como dizer: aqui está o ambiente "em si" *versus*: eis como varia minha atividade perceptiva diante de tais mudanças ambientais. Ele não pode fazer isso porque não tem como, em última instância, diferenciar o que é próprio do "ambiente em si" *da maneira como ele (seu ser-organismo) experimenta (percebe) tal ambiente*.

Os seres humanos não têm, portanto, acesso ao seu próprio campo cognoscitivo a partir "de fora" desse campo. Em razão disso, não cabe aqui fornecer explicações com um critério que permite assumir, explicita ou implicitamente, que é possível "uma certa objetividade" (de sentido comum) para discernir entre ambiente "real" e percepções dele. Outra coisa muito diferente é mudar a questão e se perguntar: *Como surgem, em nosso campo de experiências, enquanto seres orgânicos, as regularidades próprias dele*, aquelas regularidades (ou coerências perceptivas) que chamamos de "ambiente", e "nós mesmos"? Essa mudança de pergunta é fundamental, pois devemos ter em mente que, sempre que se observa ou se distingue algo, está-se fazendo isso a partir da regularidade de uma certa perspectiva adotada no presente de tal (ou tais) observador. Mesmo ao empregar a expressão (já o fizemos) "reação adequada diante de um estímulo" (de um certo ser vivo em estudo), descarta-se por completo que essa "adequação" a certas condições é estritamente uma apreciação *a partir da perspectiva do observador* (ou observadores) e não de algum ponto "objetivo" e independente a tal observador.

Apesar disso, para a maior parte dos pesquisadores, esse problema não parece ter sido uma preocupação fundamental e evitou-se uma confrontação direta com ele. Exceto para alguns pesquisadores, os quais, pela própria natureza do

seu trabalho (epistemologia experimental), compreendiam que com o procedimento anterior não é possível examinar o funcionamento do cérebro (próprio ou dos outros) e dizer depois que ele opera de uma certa maneira (com afirmações que postulam validade “objetiva” universal), se antes o próprio observador (comunidade de observadores) não precisar *qual é o papel que seus próprios processos cognoscitivos jogam em tal observação* e nas asserções que nela faz.

Em virtude disso, tais pesquisadores têm objetado seriamente uma atitude, uma postura cognoscitiva que pretende ser possível manter, fora da observação que se realiza, o papel desempenhado pelos próprios processos cognoscitivos do pesquisador-observador em seu presente. Para esses pesquisadores, o dilema agora era: onde, ao tomar o próprio pesquisador o lugar do macaquinho no triângulo, poderia ele próprio se situar para poder ver as mudanças ambientais e suas próprias mudanças orgânico-experienciais como independentes de si mesmo? Porventura seria possível fazer tal coisa?

Humberto Maturana dirá então (*Neurophysiology of cognition*, 1969): “O observador é um sistema vivo, e o entendimento do conhecimento como fenômeno biológico deve dar conta do observador e do seu papel nele” (no sistema vivo). E Heinz von Foerster (*On cibernetics of cibernetics and social theory*): “Tanto o biólogo quanto o teórico do cérebro ou o pensador social enfrentam um problema fundamental quando, *no-lens volens* (querendo ou não), têm de descrever um sistema do qual eles mesmos são componentes. Se o pensador social exclui a si mesmo da sociedade da qual ele quer fazer uma teoria, em circunstâncias que, para descrevê-la, deve ser um membro seu, ele não produz uma teoria social adequada, porque essa teoria *não o inclui*. Se se tratar de um biólogo explorando o funcionamento do cérebro para dar conta dos fenômenos cognoscitivos, sua descrição do operar cerebral será necessariamente incompleta se não mostrar como surge nele, com seu cérebro, a capacidade de fazer essas descrições.”

Por outras palavras: Como é possível que eu mesmo possa dar conta das regularidades e variações perceptivas do

meu próprio mundo, incluindo o surgimento de explicações sobre elas, se não tenho como me situar “fora” de minhas próprias percepções? Nesse caso, em vez do clássico triângulo observador — organismo — ambiente, o que há é um círculo com o observador no centro, em que *o observar é só um modo de viver o mesmo campo experiencial que se deseja explicar*. O observador, o ambiente e o organismo observado formam agora um só e idêntico processo operacional-experiencial-perceptivo no ser do ser observador. Em tais condições, como podemos falar “objetivamente” dos nossos processos de conhecimento? Que critério explicativo cabe aqui?

Esse problema, do ponto de vista da cibernetica, ou da cibernetica de segunda ordem, equivale a se perguntar o seguinte: Como operam os sistemas observadores, de maneira tal que podem observar como operam eles mesmos em seu observar, se toda variação perceptiva neles (seu próprio conhecer) é função das variações perceptivas que eles mesmos experimentam? Noutras palavras: Qual é a organização de um sistema que está organizado de maneira tal que pode descrever os fundamentos que o capacitam a realizar seu próprio descrever? Como pode então um sistema conhecer sua dinâmica cognoscitiva, se sua dinâmica cognoscitiva (que é o que deseja conhecer) é simultaneamente seu próprio instrumento de conhecer? *Pode o homem se conhecer a partir do homem?* — eis a pergunta.

Como podem, portanto, os conceitos desenvolvidos no campo de estudos da cibernetica de segunda ordem ajudar a resolver esse problema da circularidade cognoscitiva? Dessa tautológica condição humana em que, por não ter um chão (ou um céu) independente de nós, parece se deduzir que estamos condenados a não conhecer nossa própria natureza e a continuar sofrendo, como estamos fazendo, as consequências dessa ignorância.

Tradicionalmente o que a ciência faz com mais facilidade é analisar decompondo, ou seja, pesquisando nas propriedades particulares dos componentes do ser ou sistema em estudo, e o faz em maior proporção do que o estudo das relações

entre componentes que uma organização de “algo” deve possuir para existir como entidade, independentemente de quais sejam as propriedades de tais componentes. O que as propriedades dos componentes fazem é só especificar o espaço particular em que tal sistema existirá, mas as propriedades dos componentes *não determinam por si sós a organização de um sistema* nem tampouco as propriedades do sistema como conjunto.

“Cibernetica” vem do grego *kybernētiké*, que literalmente significa “a arte de governar”. Essa ciência foi definida originalmente por Norbert Wiener como “a ciência do controle e a comunicação em sistemas complexos (computadores, seres vivos)”, ainda que sua versão moderna (Pask, Von Foerster) se refira a ela como o estudo das relações (de organização) que os componentes de um sistema devem ter para existir como uma entidade autônoma; em resumo: Como é possível que um sistema se autogoverne para existir como tal em algum espaço, em alguma dimensão?

Foi justamente nesse contexto de pesquisa que se descobriu o princípio do *feedback* ou de retroalimentação (que auto-regula a atividade interna do próprio sistema); esta e outras descobertas posteriores deram um grande impulso ao desenvolvimento das máquinas automáticas e ao incremento de sua complexidade (computadores).

Mas a organização dos mais complexos sistemas existentes até agora descobertos em nosso universo continuava vedada para a cibernetica; ou seja, permanecíamos sem poder responder às perguntas:

1. Qual é a organização do ser vivo?
2. Qual é a organização do sistema nervoso?
3. Qual é a organização do sistema social?

E essa ausência se reflete na incapacidade da ciência para responder adequadamente às desordens estruturais e funcionais dos sistemas sociais: distúrbios mentais e psicológicos, econômicos, culturais etc., para citar apenas alguns dos

flagelos de que o mundo padece desde que se foi aberta a caixa de Pandora.⁶

A resposta que se buscava mediante a aplicação do enfoque cibernetico devia mostrar então qual era, ao tomar as moléculas como componentes, *a organização do ser vivo*, qual era, ao substituir as moléculas por neurônios, *a organização do sistema nervoso*, qual era, ao substituir os neurônios por pessoas, *a organização de todo sistema social* (ou relações comportamentais geradoras das culturas).

Mas o que dificultava esse encontro com o conhecimento de nós mesmos era o problema anteriormente examinado; não é a mesma coisa dizer qual é a organização de um sistema observado “objetivamente” e, portanto, supostamente independente de nossa própria atividade de observação (por exemplo, o operar de um computador), e observar e descrever o operar de um sistema no qual *a própria atividade molecular, biológica e social é parte constituinte e geradora do fenômeno do conhecer*.

Ao estudo dos sistemas supostamente “independentes” de nossa atividade cognoscitiva (de observação) deu-se o nome de *cibernética de primeira ordem* ou *cibernética dos sistemas observados*, posto que o observador se supõe à margem de tais sistemas; ao estudo dos sistemas nos quais nossa própria atividade descritiva é parte constitutiva deles deu-se o nome de *cibernética de segunda ordem* ou *cibernética dos sistemas observadores* (Heinz von Foerster: *Cibernetics of cibernetics*, 1974, Biological Computer Laboratory, University of Illinois).

Por isso mesmo as respostas que se buscavam deviam obviamente provir da aplicação dos princípios gerais da ciber-

⁶ A primeira mulher, segundo a mitologia grega, fabricada por Vulcano, por ordem de Júpiter, e dotada de todas as graças e talentos, mas que era tão “encantadora” que trouxe aos mortais, como presente celestial, uma caixa que continha todos os males, os quais, quando esta foi aberta, se disseminaram por toda a Terra, restando em seu fundo apenas a esperança. Esperança que, pelo que vemos, se relaciona com o conhecimento dos nossos próprios processos naturais de percepção, conhecimento, comunicação e aprendizagem, entre outros.

nética ao operar dos seres vivos e do sistema nervoso, ou seja, deviam provir de um enriquecimento da biologia, em particular da neurobiologia ou ciência que estuda o sistema nervoso. É por essa razão que as respostas ocorreram onde tinham de ocorrer, e que na perspectiva dos anos transcorridos vemos que também não podia ser de outra maneira: o campo da neurobiologia, enriquecido com as noções ciberneticas de segunda ordem.

Foi desse modo que um neurobiologista⁷ trabalhando no Chile na década de 60, e ocasionalmente com os grupos de pesquisa de cibernetica nos Estados Unidos, elaborou uma tese global sobre a natureza (cognoscitiva) humana, a partir de uma nova perspectiva que mostra que *o central para esse entendimento é a autonomia operacional do ser vivo individual*. Em particular, ele explicou qual é a dimensão de conhecimento na qual surge e existe a autoconsciência (dinâmica social operando em linguagem). Mas o mais importante é que esse trabalho se funda numa reflexão sobre o explicar científico, que revela que as explicações científicas são proposições gerativas (proposições que geram o fenômeno a explicar) no âmbito de experiências dos observadores, em virtude do que não requerem a suposição *a priori* de um mundo objetivo independente do observador.

Encontrar essa resposta de modo algum foi simples. Chama a atenção, contudo, uma característica muito particular de sua gênese⁸, qual seja, ela não foi gerada como uma armação de um quebra-cabeça, juntando-se os fragmentos para produzir uma totalidade, e sim ao contrário: ela surgiu de uma súbita e repentina visão sobre a totalidade, da qual foi emergindo o trabalho detalhado de cada uma de suas peças. Em síntese, a história é a seguinte: desde 1960 Maturana tra-

7 Humberto Maturana Romecín; *Neurophysiology of cognition* (1969); *Biology of cognition* (1970), Biological Computer Laboratory, University of Illinois. Internacionamente conhecido a partir dos seus clássicos trabalhos com Mc. Culloch, Lettvin e Pitts; "What the frog's eye tells the frog's brain" (1959 e outros artigos subsequentes).

8 Ver capítulo "História de uma teoria", no terceiro volume desta série.

lhava em dois campos de pesquisa separados entre si, a *percepção e a organização do ser vivo*, ao mesmo tempo em que se perguntava pela natureza e pelos limites da linguagem humana enquanto operar descriptivo de conhecimento, devido ao fato de que seus trabalhos sobre percepção de cor em pombas estavam fazendo com que ele pudesse seriamente em dúvida a validade da suposta “objetividade” cognoscitiva que o método científico postulava como conquista essencial de suas afirmações explicativas.

Por volta de 1968 ele compreendeu que os fenômenos associados à percepção só podiam ser entendidos se se concedesse o operar do sistema nervoso como uma rede circular fechada de correlações internas, e simultaneamente compreendeu que a organização do ser vivo se explicava a si mesma ao ser vista como um operar circular fechado de produção de componentes que produziam a própria rede de relações de componentes que os gerava (teoria que ele posteriormente chamou de *autopoiese*). Em dezembro daquele ano, preparando sua participação para um congresso (que se realizaria em março de 1969 em Chicago) sobre antropologia do conhecimento, para o qual havia sido convidado por Heinz von Foerster (em novembro de 1968) para falar sobre neurofisiologia do conhecimento, Maturana resolveu abordar a problemática do conhecimento não do ponto de vista do sistema nervoso, como lhe fora pedido, mas *da perspectiva do operar biológico completo do ser vivo*. Essa foi, portanto, a magna inspiração da qual brota a sua obra, conforme podemos ler em suas próprias palavras:⁹

“Decidi considerar quais processos deveriam ocorrer no organismo durante a cognição, entendendo assim a cognição como um fenômeno biológico. Ao fazer isso, percebi que minhas duas atividades acadêmicas, aparentemente contraditórias, não o eram e que estavam de fato voltadas para o mesmo fenômeno: o conhecimento e o operar do sistema vivo — seu sistema nervo-

⁹ Introdução ao livro *Biology of cognition* (Humberto Maturana R., 1970), reeditado por Riedl (1980) juntamente com *Autopoiesis: the organization of the living* (Maturana & Varela, 1974), sob o título conjunto de *Autopoiesis and cognition*.

so incluído quando estava presente — eram a mesma coisa. Desse entendimento, o ensaio “Biologia do conhecimento” surgiu como um desdobramento de minha apresentação naquele simpósio.”

Surge assim, neste último livro, como que um todo coerente e unificado, uma nova visão sobre os seres vivos e sobre a natureza cognoscitiva do ser humano. Tal obra dá conta explicitamente das seguintes dimensões: o *conhecimento*, a *percepção*, a *organização tanto do sistema nervoso como de todo ser vivo*, a *linguagem*, a *autoconsciência*, a *comunicação*, a *aprendizagem*, e contém reflexões finais sobre o caminho que essa dimensão abre para a *evolução cultural da humanidade* como um sistema unitário.

Deste trabalho surgiria, nos anos seguintes, não só o desdobramento de tais temas, como a formulação explícita de: a *organização dos sistemas sociais*, o operar da *inteligência humana*, o *surgimento do espaço físico* nos seres humanos, uma nova concepção de *evolução orgânica* e, muito fundamentalmente, a consideração precisa a respeito do *espaço conceitual que valida tais afirmações sem recorrer à noção de conhecimento objetivo* e como, por sua vez, tal critério de validação radica no próprio fundamento cognoscitivo (experiencial) universal à nossa natureza. Da extensão radial dessas dimensões conceituais participam, em colaboração criativa com Humberto Maturana, Francisco Varela (organização dos seres vivos, evolução orgânica), Glória Guiloff (inteligência), Fernando Flores (comunicação, linguagem), Rolf Behncke (comunicação, inteligência, critério de validação).

Em tal extensão, particularmente relevante é a brilhante obra de Francisco Varela, que, após colaborar com Maturana tanto no livro em que se apresenta extensamente a teoria da organização dos seres vivos como, mais recentemente, na reformulação da teoria da evolução orgânica, desenvolveu de maneira independente a formulação dos fundamentos matemáticos da cibernetica de segunda ordem, aplicando depois essa formulação à organização do sistema nervoso e do sistema imunológico.

De passagem, ele amplia o conceito de autonomia operacional do ser vivo para o dos sistemas autônomos em geral (conceito de clausura operacional).¹⁰

Em síntese, todo o trabalho assinalado forma em conjunto uma trama teórica unificada das ciências da vida e das ciências sociais, com a qual se começa a colonizar um novo continente que outra coisa não é senão uma nova visão do nosso velho mundo, numa perspectiva que obriga a um profundo repensar da natureza da condição social humana.

Como podemos agora ordenar essas diferentes dimensões conceituais num gráfico que, além de nos mostrar o necessário entrecruzamento de todas essas disciplinas científicas, nos revele o caráter transdisciplinar dessa perspectiva com a qual podemos agora vislumbrar nossa própria natureza?

Olhando em retrospectiva, vemos que dois dos grandes impulsos que a biologia recebeu do século passado e que contribuíram para transformá-la na poderosa ferramenta cognoscitiva da natureza humana que ela é atualmente são: a concepção da teoria da evolução orgânica de Charles Darwin e a fundação, poderíamos dizer, da moderna química orgânica, com a descoberta realizada por Federico A. Kekulé (1829-1896) da polivalência do carbono e da estrutura espacial molecular do benzeno.

O próprio Kekulé relata que durante muito tempo tentou infrutiferamente organizar num gráfico o modo como os átomos de carbono podiam estar relacionados entre si para formar a molécula básica do benzeno, cuja organização constitutiva explicaria então as suas propriedades. Até que "certa noite" — conta ele — "voltando de uma farra, me deitei para dormir e sonhei que seis macacos se perseguiam atrelados cada um na cauda do seguinte, formando assim um círculo fe-

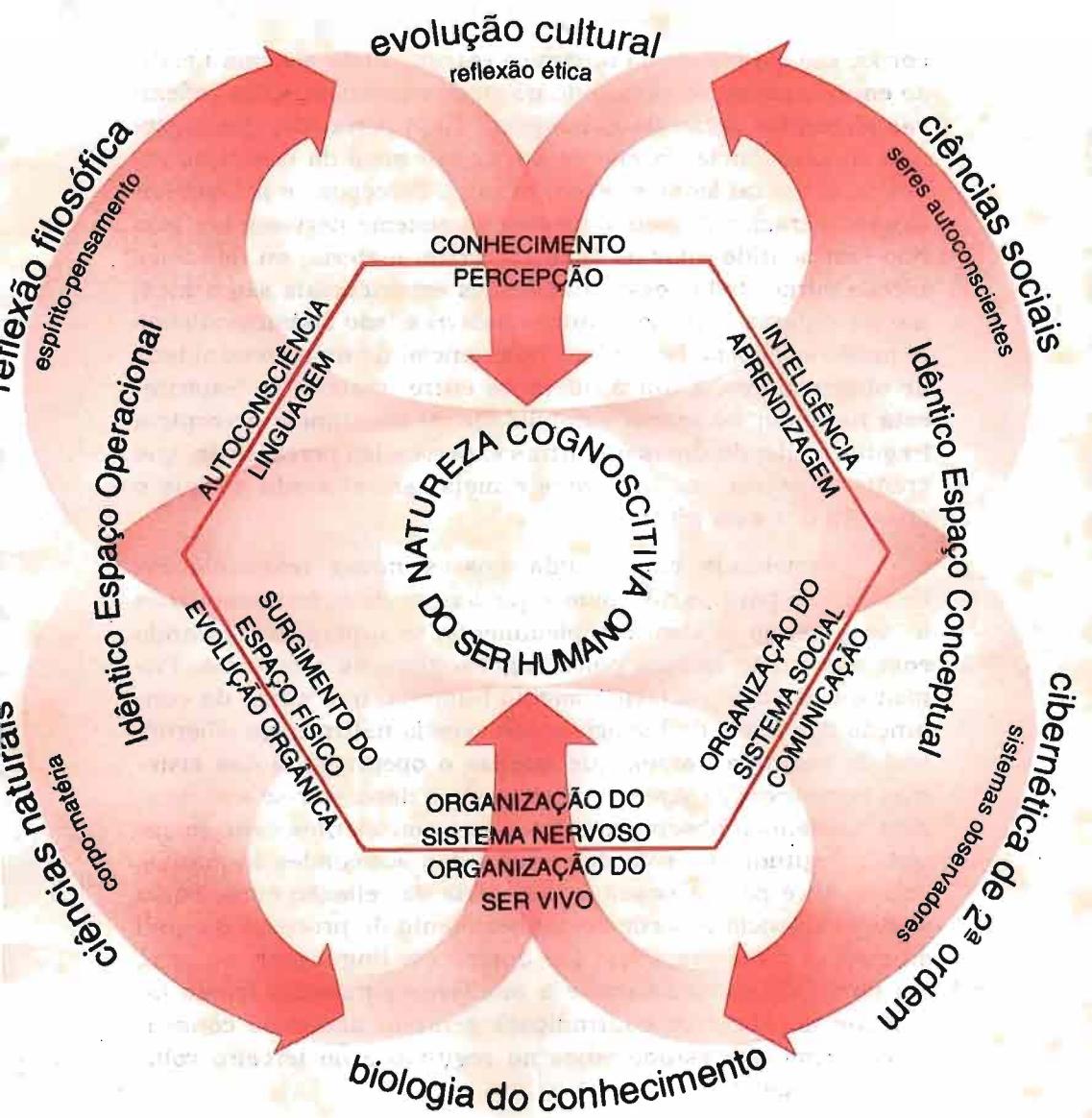
10 *De máquinas e seres vivos* (Maturana, Varela), Editorial Universitária (Chile), 1973; versão em inglês dessa obra, op. cit. (Riedl, 1980); *Principles of biological autonomy*, 1979, Elsevier North Holland; "Evolution: natural drift through the conservation of adaptation" (Maturana, Varela), *J. Soc. Biol. Struc.*, 1984.

chado. No dia seguinte, repentinamente relatei que aquela devia ser a resposta que eu procurava, e que cada átomo de carbono devia estar disposto no vértice de um hexágono fechado". *Essa inspiração foi genial, porque mais tarde todos os dados experimentais e teóricos confirmaram a validade de tal hipótese.*

Trago à baila esse relato porque se o hexágono de Kekulé se constituiu, como é sabido, na base da química orgânica moderna, foi justamente com a ajuda de um gráfico hexagonal que eu pude finalmente ordenar e visualizar, num conjunto conceitual funcional, a vasta série de dimensões científicas originadas no trabalho de 1969-1970 de Humberto Maturana. Essas teses e seu posterior desdobramento formam em conjunto uma nova cosmovisão do universo humano e como tais fazem a biologia dar um salto para um plano de importância que só tem paralelo histórico com o salto cosmológico provocado pela concepção de Darwin (e Wallace).

O que esse gráfico hexagonal explica (ver gráfico adiante, à página 43) é a inter-relação de todas as dimensões conceituais que revelam nossa natureza cognoscitiva. Em primeiro lugar, temos o eixo central, a porta que se abriu diante de Maturana e pela qual ele adentrou esse universo, correlacionando, para tanto, a percepção e o conhecimento com o operar do sistema nervoso e a organização do ser vivo (organização autopoietica). Simultaneamente ele teve de explicar o fenômeno da descrição e do surgimento da autoconsciência própria do observador que descreve (ou seja, do processo que dá lugar ao fenômeno da linguagem natural humana, sem a qual não existe autoconsciência), bem como do critério de validação de tais afirmações.

Este livro nos mostrará essa unidade operacional: percepção, operar do sistema nervoso, organização do ser vivo e conhecimento autoconsciente conformam um todo conceitual e operacional indissolúvel. Sejam quais forem nossas percepções conscientes, ainda que as diferencemos entre sensoriais ou espirituais (dos sentidos, sensações, emoções, pensamentos, imagens, idéias), elas não operam "sobre" o corpo: elas são o



O SER do SER HUMANO

Cosmologia do universo humano, revelada no espaço conceitual do critério científico, o qual se encontra enraizado no próprio fundamento cognoscitivo (experiencial) universal à nossa natureza. O Homem está contido apenas em sua própria natureza, em seu modo humano de operar e de autodescrever seu universo experiencial-perceptivo, portanto: em seu próprio Ser.

corpo, são expressão da dinâmica estrutural do sistema nervoso em seu presente, operando no espaço das descrições reflexivas (dinâmica social da linguagem). Toda percepção que trazemos à consciência, fazemo-la surgir por meio da descrição reflexiva sobre tal fenômeno (em estudo). Percepção e pensamento são operacionalmente o mesmo no sistema nervoso; por isso não tem sentido falar de *espírito versus matéria*, ou de idéias *versus corpo*: todas essas dimensões experienciais são o mesmo no sistema nervoso; noutras palavras, *são operacionalmente indiferenciáveis*. No âmbito experencial de uma comunidade de observadores, a única diferença entre “matéria” e “espírito” está na maior ou menor estabilidade ou constância perceptiva (regularidade) de umas ou outras experiências perceptivas; que crente objetaria que seu Deus é mais estável ainda do que o chão em que está pisando?

Projetando em seguida nossas novas reformulações conceituais para as disciplinas que as estudam, formamos dois leques que, ao se abrir completamente, se superpõem, gerando com sua união nossos pólos cognoscitivos de referência. Primeiro, a *biologia do conhecimento humano*, que surge da conjunção das áreas da biologia como ciência natural, e a cibernética de segunda ordem, que analisa o operar geral dos sistemas complexos capazes de projetar-se e descrever-se a si mesmos (sistemas observadores ou autoconscientes, em nosso caso). Segundo, a *evolução cultural* das sociedades humanas, que se abre para a possibilidade séria da reflexão ética, como se nos evidencia a partir do conhecimento do processo do qual surgem; a *autoconsciência* (do operar em linguagem, ou seja, em domínios consensuais) e a *inteligência humana* (como faculdade de absorver contradições gerando domínios consensuais, tema que estudaremos no segundo e no terceiro volumes desta série).

Mas o pólo de referência dessa última conclusão reflexiva é um *conhecimento* que por sua vez é uma nova *percepção* para olhar nosso mundo (e nossa realidade social) através dela, pelo que afeta (devido à natureza de toda percepção) simultaneamente nossa dinâmica operacional “interna” (organismo e sistema nervoso) e “externa” (nossos atos no meio social).

Mas o caso é que tal percepção (de reflexão ética) nos afetará *sempre* de uma maneira convergente para o ser humano universal, que é, em última instância, nossa verdadeira condição, já que a humanidade constitui atualmente, como resultado da ampliação das interações humanas, *um só sistema unitário integrado*, pelo que a responsabilidade primeira dos governantes de todo o mundo deve ser compreender que a realização de toda vida individual dependerá *sempre* da organização do sistema social total a que se pertence (posto que se é componente dele), estejamos ou não conscientes desse fato.

Entendido isso, segue-se que, doravante (queiramos ou não), Lar, Pátria, Humanidade passam a ser termos sinônimos, visto que em última análise significam a mesma coisa: *o meio formador de nossa própria vida e da vida dos nossos filhos*. O fato de que até agora a vida cultural dos diferentes povos da Terra esteja centrada na defesa das fronteiras de suas certezas particulares não é mais que um signo de que nossa humanidade ainda não se encontrou consigo mesma nem assumimos plenamente, *ex toto corpus et toto corde* (de todo o corpo e de todo o coração), o que significa *ser humano*. E a ausência desse encontro, dessa reflexão profunda sobre nossa condição humana, está nos custando muito caro e nos custará *cada vez mais caro*, enquanto o eixo do nosso entendimento social girar em torno da defesa de fronteiras culturais particulares, já que continuaremos girando *excentricamente* ao que é a natureza última do ser humano: seu ser social, que é seu ser em linguagem, isto é, em coordenação consensual (comunicação); numa palavra, em cooperação mútua.

Apesar disso, se realmente quiséssemos reverter esse processo e gerar um formidável reencontro humano com sua natureza profunda, poderíamos fazê-lo. O desafio nietzschiano da necessidade de revelar as bases operacionais que cimentam as culturas humanas foi cumprido, e isso confere um fundamento científico comum a todas as ciências sociais, o que possibilita iluminar o ser humano a partir do próprio ser humano e, portanto, compreender o humano com conceitos igualmente válidos para toda a escala do sistema social, desde a vida pessoal individual até a Humanidade como um todo.

Da economia às leis, da psiquiatria à educação, as ciências sociais humanas repousam agora sobre uma poderosa base conceitual, desenvolvida graças ao estudo cibernetico dos altamente complexos sistemas observadores ou autoconscientes, ou seja, na explicação biológica de nossa natureza cognoscitiva. Descortina-se assim um imprevisível espaço de criatividade social, baseado no "encaixe" interdisciplinar que essa perspectiva transdisciplinar provê.

Além disso, as evidências científico-experimentais dos mais diversos campos confirmam passo a passo o acerto do enfoque proposto, o qual forma, em conjunto, um campo teórico unificado das ciências orgânicas (da vida) e das ciências sociais. Isso levou o então presidente da American Association for the Advancement of Science (AAAS), Kenneth Boulding, a dizer, depois que a AAAS publicou um livro sobre tais teses: "A história reconhecerá essa mutação intelectual e as idéias que tais termos introduzidos simbolizam como a mais significativa mutação da década, do ponto de vista do seu impacto a longo prazo."¹¹

¹¹ Palavras introdutórias ao livro *Autopoiesis: a theory of living organization*, North Hollan. Séries em geral Systems Research, Milan Zeleny (ed.), 1981. Anteriormente a AAAS editara o livro *Autopoiesis, dissipative structures and spontaneous social orders*. AAAS Selected Symposium, 1980, e dedicado aos trabalhos de Maturana e Varela (organização dos seres vivos), Prigogine (ordem através de flutuações e estruturas dissipativas), F.A. Hayek (ordens sociais espontâneas).

atualidades de seu mundo interior, mundo interior que difere em seu alinhamento espacial, organizacional, relacional, material, etc., relativamente ao "exterior" que o abrange e obedece com particularização a um tipo de regras de ação e de reação, essa regra que é uma regra de tipo que é de natureza a determinar tanto a organização quanto a estruturação herself no espaço entre si

e entre elas, e que é de natureza a determinar tanto a organização quanto a estruturação herself no espaço entre si

Folhas finais: Viragens para um reencontro

"Ah, quão pouco me agrada a rígida atitude do horizonte! essa dura retidão de sua limitada consciência. O que eu verdadeiramente amo é a gigantesca curvatura do imenso mar flutuando suspensa em seu sideral abraço, esse líquido azul eternamente atraído por seu próprio ser"

Egonáutica

No livro que o leitor tem em mãos, Humberto Maturana e Francisco Varela realizam uma extraordinária e didática visão das principais dimensões conceituais que conformam nosso domínio cognoscitivo, cuja característica particular é que, à medida que avançamos em seu estudo, vemo-nos voltando imperceptivelmente para o reencontro com a nossa própria origem, retornando assim ao ponto de partida, que é a experiência cognoscitiva do presente na linguagem como fenômeno social. Uma detida análise das demais noções irá se completando ao longo dos outros volumes que serão publicados neste Programa de Comunicação Transcultural da Organização dos Estados Americanos (OEA).

Devido ao fato de que uma atenta leitura dos capítulos seguintes é mais uma autêntica experiência de encontro social do que uma mera acumulação de conhecimentos, enfatizamos o seguinte: cada unidade é precedida por um “mapa” que relaciona o avanço conceitual capítulo por capítulo, em razão do quanto é importante dominar bem os conceitos de cada um deles, antes de passar para o seguinte. Fazer isso de maneira sistemática talvez retarde sua leitura, mas facilitará enormemente a compreensão dos capítulos finais, bem como a visão sobre a totalidade, posto que as conclusões vão se originando numa seqüência praticamente óbvia de seus precedentes. Em contrapartida, uma leitura rápida e superficial (leitura “executiva”), feita com o intuito de captar o essencial “de passagem”, terá como consequência quase inevitável a impressão de que esta obra (e o programa completo) é uma mescla de ciência-ficção, quando na realidade ela não é outra coisa que a janela que nos descortina os horizontes científicos do terceiro milênio. Particularmente, a gigantesca curvatura dessa trajetória intelectual, a exemplo de uma águia à caça do seu reflexo, se volta sobre si mesma, do mesmo modo como nosso mar flutua fechado no espaço sideral, eternamente atraído para si mesmo por sua própria natureza. Assim, este conjunto de dimensões conceituais sobre nossa natureza forma um todo coerente que se auto-sustenta cognoscitivamente a partir de um mesmo fundamento, que é a bem particular organização de nossa natureza biológica universal, revelada através dos próprios processos cognoscitivos com que operamos em nossa experiência cotidiana.¹²

Pois bem, embora tenhamos dito que este conjunto como um todo conforma uma cosmologia sobre a natureza hu-

12 À guisa de exemplo e sob o risco de provocar um “choque conceitual” em mais de um leitor, antecipo algumas afirmações que surgem dessas descobertas científicas: “o sistema nervoso não gera o comportamento”; “a linguagem não transmite informação alguma”; “o código genético (genes e cromossomos) não especifica o crescimento do ser vivo”; “não existem interações comunicativas ‘instrutivas’ ou ‘informativas’ entre seres vivos”; “o sistema nervoso não obtém, nem processa, nem acumula, nem emite informação alguma, nem ‘controla’ nada”; “a base geradora comportamental que origina todo sistema social (cultural) e que Nietzsche pedia é essencialmente de caráter não-racional”.

mana, que além disso é conceitual e operacionalmente auto-sustentadora, não nos deve assustar nem angustiar a falta de chão sólido e “objetivo” como argumento central para revelar nossa natureza, pois basta recordarmos que cosmologias auto-valoradas há muitas (todas as religiões o são); com efeito, a natureza mesma de toda cosmologia consiste no fato de ela ser autocontida em si mesma (pois demonstra o que postula mediante premissas tautológicas). Nesse caráter de autovalidação de si mesma, esta cosmologia também o é; ela parte do reconhecer a tautológica noção que implica usar nosso instrumento cognoscitivo (nossa organização como um todo) para conhecer o próprio instrumento cognoscitivo, ou seja, que não temos uma variável independente (de nós) para conhecer nosso próprio processo cognoscitivo.

Apesar disso, o aspecto extraordinariamente notável desta cosmologia é o fundamento operacional em que ela se baseia para demonstrar justamente que a condição última de nossa natureza é precisamente este “ser humano” que se faz (fazemo-nos) continuamente a si mesmo, num operar recursivo, tanto de processos autopoieticos como sociais (linguagem), com os quais se gera continuamente a autodescrição do que fazemos. *Não é possível conhecer senão o que se faz.* Nossa ser humano é pois uma contínua criação humana. Se para muitos isso soa como uma blasfêmia, que seja, mas a noção mesma de blasfêmia se nos afigura aqui mais como uma criação humana do que como uma distinção operada por um ser supremo.

Assim, esta cosmologia flutua como um planeta no espaço conceitual validado pelas afirmações científicas. Do que se trata, em todo caso, no contexto social, ou seja, da comunicação humana, é de se perguntar qual é a visão sobre as relações humanas (e a atitude que o homem assume diante de si mesmo e dos outros homens) que uma ou outra cosmologia induz na sociedade e, também, qual é a amplitude transcultural que pode ser alcançada pelo critério de validação de afirmações em que se fundamentam.

A cosmovisão sobre o universo humano que aqui se apresenta nos mostra que ela é coroada com a mesma concep-

ção ética que nos faz refletir na condição humana como uma natureza cuja evolução e realização está no encontro do ser individual com sua natureza última, que é o ser social. Portanto, se o desenvolvimento individual depende da interação social, a própria formação, o próprio mundo de significados em que se existe, é função do viver com os outros. *A aceitação do outro é então o fundamento para que o ser observador ou autoconsciente possa aceitar-se plenamente a si mesmo.* Só então se redescobre e pode se revelar o próprio ser em toda a imensa extensão dessa trama interdependente de relações que conforma nossa natureza existencial de seres sociais, já que, ao reconhecer nos outros a legitimidade de sua existência (mesmo quando não a achemos desejável em sua atual expressão), o indivíduo se encontrará livre também para aceitar legitimamente em si mesmo todas as dimensões que atualmente possam ocorrer em seu ser e que têm sua origem precisamente no todo social. Isso liberta nossas relações (e convenções) sociais de um imenso e pesado fardo “original”, reconciliando-nos de passagem com a própria vida, por ser essa reflexiva viragem um retorno a si mesmo, por meio de um reencontro com o restante da própria humanidade.

O amor ao próximo começa a aflorar então no entendimento dos processos que geram o fenômeno existencial da consciência de si, numa expansão dos impulsos naturais de altruísmo comunitário, *precisamente como a condição necessária do social*, e não como uma imposição de uma supranatureza diferente da nossa.

Tal compreensão é um corolário inescapável do entendimento dos processos que constituem o ser humano. Se a ação de cooperação social mútua surge na condição primária do social, o compartilhar tal conhecimento não pode senão expandir nossos espaços de cooperação e realização mútua. Por isso, o desenvolvimento socioeconômico da comunidade humana encontra-se então no mesmo eixo (ético e operacional) do processo de desenvolvimento de toda vida individual e, portanto, não pode o primeiro se realizar a expensas deste último, sem se transformar num mecanismo constitutivamente anti-social... mas qual político sabe disso?

O que diferencia profundamente certas cosmologias de outras, mesmo quando suas conclusões são similares, é o critério de validação das explicações, afirmações e asserções que se fazem em seu marco. Em geral, elas se baseiam na esfera das crenças e da fé, o que limita sua escala de validade às culturas que as geram. Pelo contrário, a cosmologia que esta obra nos fornece se funda no domínio de validação operacional (experiencial) da natureza humana universal.

Mas, ao fim e ao cabo, e excetuando-se a ênfase na reflexão e não na moral, esta concepção de nossa natureza não diz nada de novo em ética que há dois mil anos não tenha sido pregado por um simples carpinteiro da Galiléia.

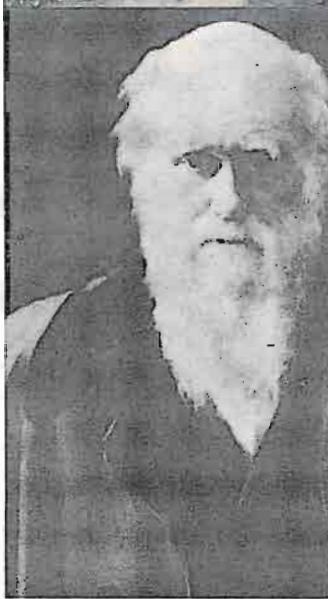
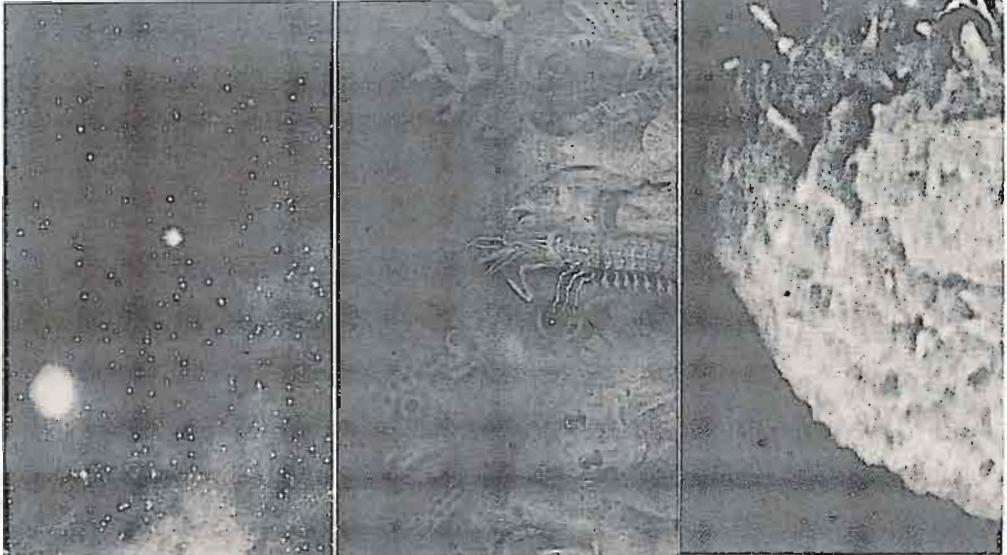
R.B.C.

Santiago do Chile, janeiro de 1984

Post-scriptum

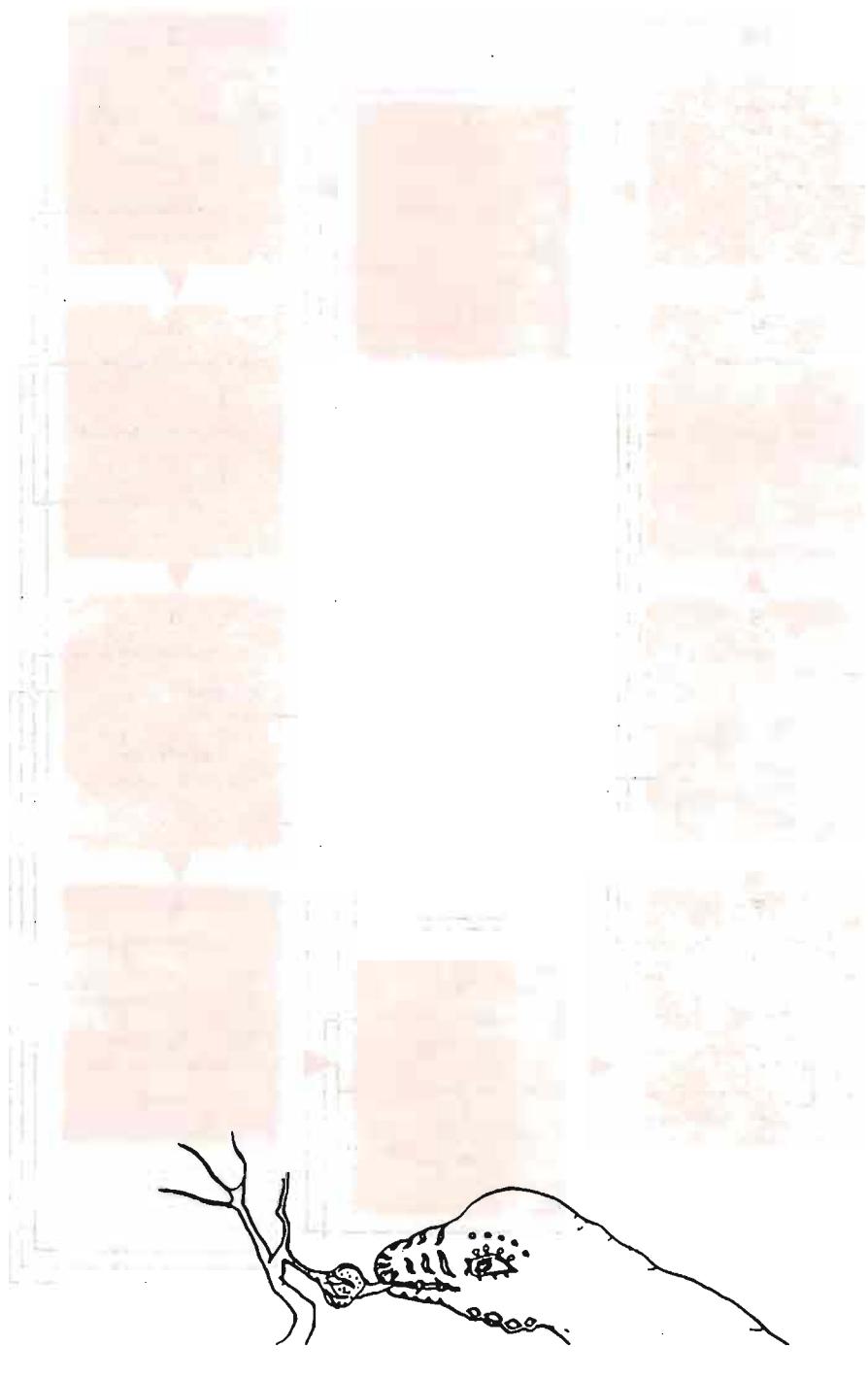
*"Quando, falso de fio condutor no labirinto
das montanhas, de nada te serve a dedução
(porque sabes que teu caminho só embarranca
quando surge o abismo)
então, às vezes, se propõe esse guia e, como
se voltasse de lá longe, te traça o caminho.
Mas, uma vez percorrido, esse caminho permanece
traçado e te parece evidente,
e esqueces o milagre de uma caminhada
que foi semelhante a um retorno."*

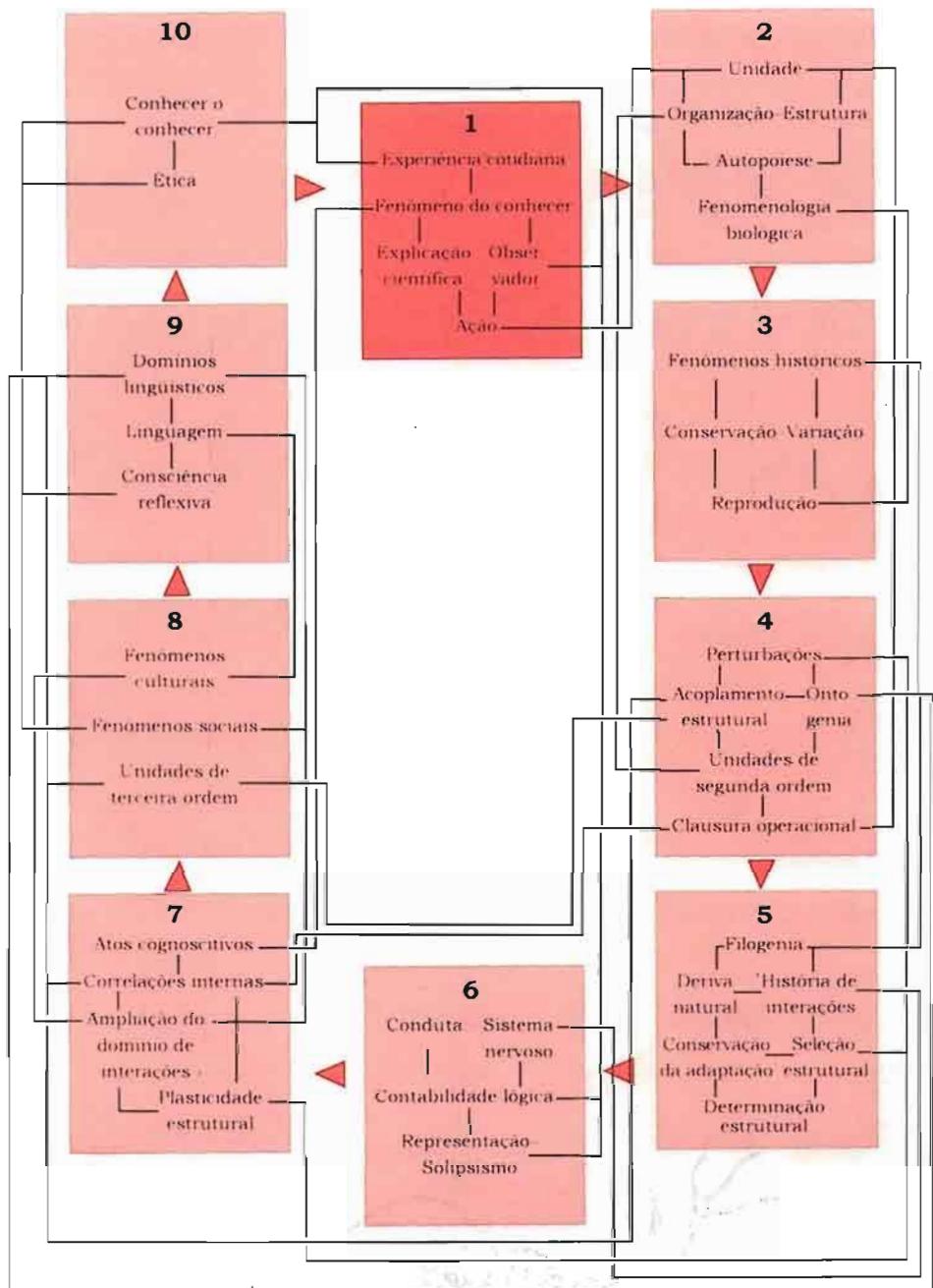
Antoine de Saint Exupéry, *Cidadela*



A ÁRVORE DO CONHECIMENTO

*As bases biológicas do
entendimento humano*





1 CONHECENDO O CONHECER



Figura 1. Cristo coroado com espinhos.

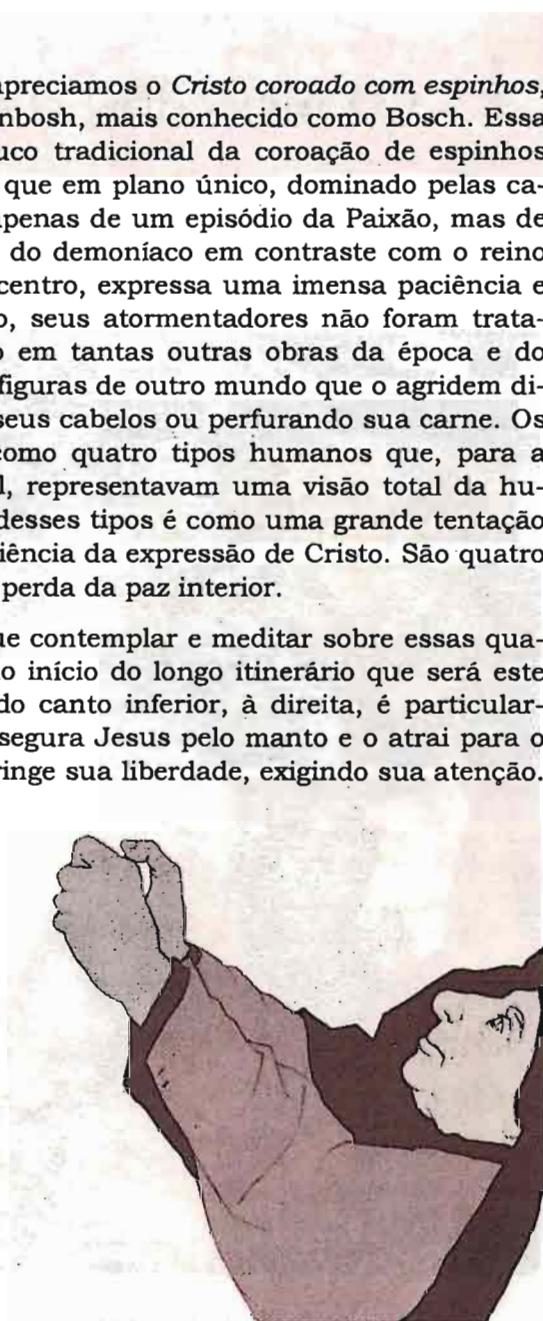
A grande tentação

Na Figura 1, apreciamos o *Cristo coroado com espinhos*, do mestre de Hertogenbosch, mais conhecido como Bosch. Essa apresentação tão pouco tradicional da coroação de espinhos mostra a cena quase que em plano único, dominado pelas cabeças. Não nos fala apenas de um episódio da Paixão, mas de um sentido universal do demoníaco em contraste com o reino dos céus. Cristo, no centro, expressa uma imensa paciência e aceitação. No entanto, seus atormentadores não foram tratados nessa tela, como em tantas outras obras da época e do próprio Bosch, como figuras de outro mundo que o agredem diretamente, puxando seus cabelos ou perfurando sua carne. Os verdugos aparecem como quatro tipos humanos que, para a mentalidade medieval, representavam uma visão total da humanidade. Cada um desses tipos é como uma grande tentação para a vastidão e paciência da expressão de Cristo. São quatro estilos de alienação e perda da paz interior.

Há muito o que contemplar e meditar sobre essas quatro tentações. Mas, no início do longo itinerário que será este livro, o personagem do canto inferior, à direita, é particularmente relevante. Ele segura Jesus pelo manto e o atrai para o chão. Agarra-o e restringe sua liberdade, exigindo sua atenção. Parece lhe dizer:

“Olhe aqui, sei do que estou falando.” É a tentação da certeza.

Tendemos a viver num mundo de certezas, de uma perceptividade sólida e inquestionável, em que nossas convicções nos dizem que as coisas são da maneira como



as vemos e que não pode haver alternativa ao que nos parece certo. Tal é nossa situação cotidiana, nossa condição cultural, nosso modo corrente de sermos humanos.

Pois bem: este livro pode ser visto como um convite a resistirmos à tentação da certeza. O esforço é necessário por dois motivos: por um lado, porque se o leitor não suspender suas certezas, não poderá incorporar à sua experiência o que comunicaremos como uma compreensão efetiva do fenômeno da cognição. Por outro lado, porque este livro precisamente mostrará, ao estudar de perto o fenômeno do conhecimento e nossas ações ocasionadas por ele, que toda experiência cognitiva envolve aquele que conhece de uma maneira pessoal, enraizada em sua estrutura biológica. E toda experiência de certeza é um fenômeno individual, cego ao ato cognitivo do outro, em uma solidão que, como veremos, é transcendida somente no mundo criado com esse outro.

As surpresas do olho

O leitor só entenderá o que vamos dizer de modo verdadeiramente eficaz caso se sinta pessoalmente envolvido numa experiência direta, além da mera descrição.

Portanto, em vez de explicar o fato de a aparente solidez de nosso mundo experencial repentinamente oscilar quando o olhamos de perto, iremos demonstrá-lo com duas situações simples. Ambas correspondem ao âmbito de nossa experiência visual cotidiana.

Primeira situação: cubra seu olho esquerdo e olhe fixamente para a cruz na Figura 3, segurando a página a uma distância de cerca de quarenta centímetros. Observará que o ponto negro da figura, de tamanho considerável, desaparecerá de súbito. Experimente girar um pouco a página ou abrir o outro olho. Também é interessante copiar o mesmo desenho em outra folha de papel e ampliar aos poucos o ponto negro até chegar ao máximo, quando então desaparece. Em seguida, gire a página de modo que o ponto B ocupe o lugar antes ocupado

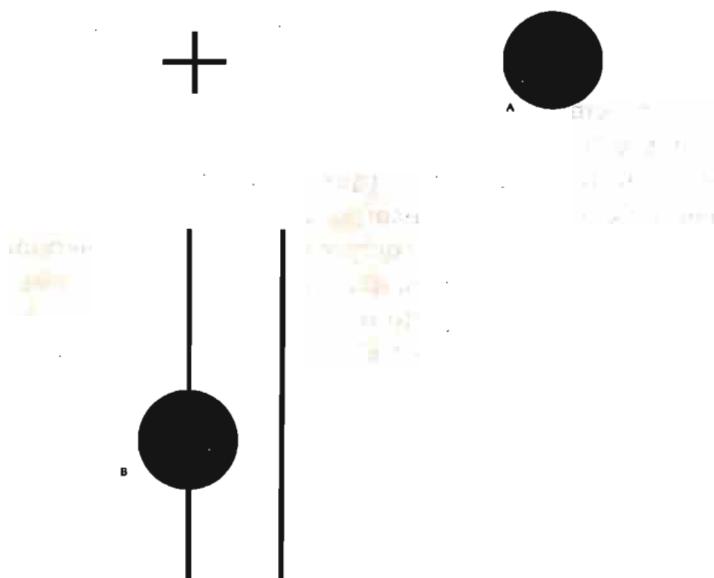


Figura 3. Experiência do ponto cego.

pelo ponto A e repita a observação. O que aconteceu com a linha que cruza o ponto?

Na verdade, pode-se observar essa mesma situação sem nenhum desenho: simplesmente substitua a cruz e o ponto pelo polegar. Parece que o dedo foi decepado (Tente!). A propósito, foi assim que essa observação se tornou conhecida: Marriot, cientista da corte de um dos Luíses, usou o procedimento para mostrar ao rei como seus súditos ficariam quando decapitados.

A explicação geralmente aceita do fenômeno é que, nessa posição específica, a imagem do ponto (ou do polegar, ou do súdito) cai na zona da retina de onde parte o nervo óptico, sendo portanto insensível à luz.* É o chamado ponto cego. Mas o que raramente se enfatiza quando se oferece essa explicação é:

* Toda vez em que aparecer este símbolo , o leitor poderá se remeter ao glossário que se encontra ao final do livro (página 267).

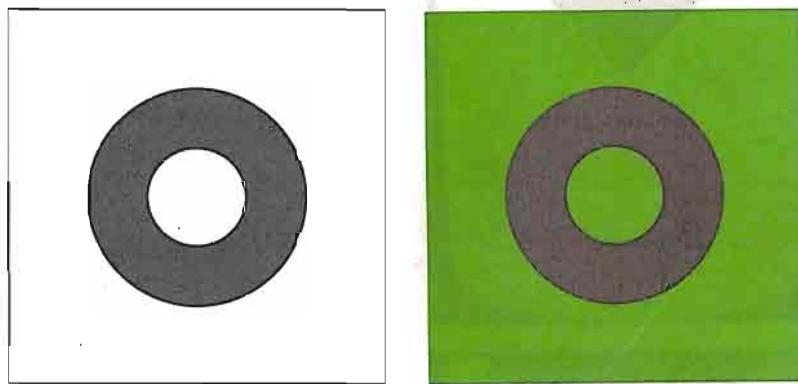


Figura 4. Os dois círculos desta página foram impressos com tinta idêntica. No entanto, o inferior parece rosado devido a seu contorno verde. Moral da história: a cor não é uma propriedade das coisas; é inseparável da maneira como a vemos.

Por que não andamos pelo mundo com semelhante lacuna o tempo todo? Nossa experiência visual é de um espaço contínuo. Somente fazendo essas manipulações engenhosas é que percebemos a descontinuidade que sempre esteve presente. O experimento do ponto cego é fascinante por mostrar que *não vemos que não vemos*.

Segunda situação: Pegue dois focos de luz e os disponha como na Figura 4. (Isso pode ser feito facilmente com um tubo de cartolina do tamanho de um lâmpada potente e com papel celofane vermelho como filtro.) Em seguida, coloque um objeto (sua mão, por exemplo) sob o facho de luz e observe as sombras projetadas sobre a parede. Uma das sombras parece azul-esverdeada! O leitor pode experimentar usar papéis transparentes de cores diferentes em frente às lâmpadas, bem como diferentes intensidades de luz.

A situação é tão surpreendente como no caso do ponto cego. De onde vem a cor azul-esverdeada, quando se esperava

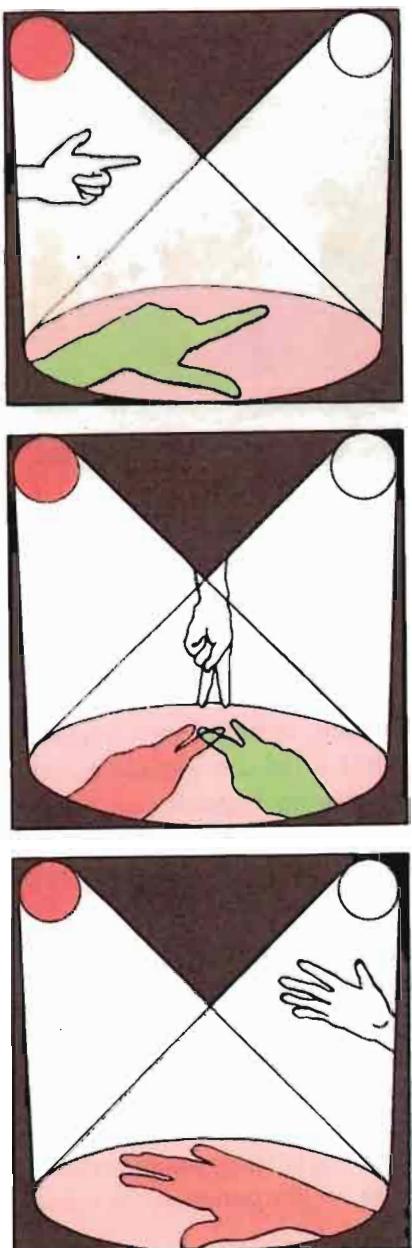


Figura 5. Sombras coloridas.

apenas o branco, o vermelho e misturas de branco com vermelho (cor-de-rosa)? Estamos acostumados a pensar que a cor é uma qualidade dos objetos e da luz que refletem. Desse modo, se vejo verde é porque uma luz verde chega a meus olhos, ou seja, uma luz com um certo comprimento de onda. Agora, se usarmos um aparelho para medir a composição da luz nessa situação, veremos que não há qualquer predominância de comprimentos de ondas chamadas verdes ou azuis na sombra que vemos como azul-esverdeadas, e sim somente a distribuição própria da luz branca. Mas a experiência do verde-azulado é, para cada um de nós, inegável.

Esse esplêndido fenômeno das chamadas sombras coloridas foi descrito pela primeira vez por Otto von Guericke em 1672. Notou que seu dedo ficava azul na sombra entre uma vela e o sol nascente. Diante desse fenômeno e de outros parecidos, as pessoas costumam perguntar: "Muito bem, mas qual é a cor *realmente*? ", como se os dados oferecidos pelo instrumento que mede os comprimentos de onda fossem a resposta final.

Na verdade, esse simples experimento não revela uma situação isolada, que pudesse ser considerada (como muitos fazem) marginal ou ilusória. Nossa experiência de um mundo feito de objetos coloridos é literalmente independente da composição e comprimentos das ondas que partem de cada cena que olhamos. Com efeito, se levo uma laranja do interior da minha casa ao pátio, a fruta continua aparentando a mesma cor. No entanto, o interior da casa era iluminado, por exemplo, por luz fluorescente que tem grande quantidade de comprimentos de onda chamada azul (ou curtos), enquanto no Sol predominam os comprimentos de onda chamada vermelha (ou longos). Não há como estabelecer uma correspondência entre a tremenda estabilidade cromática com que vemos os objetos do mundo e a luz que emana deles. Não é fácil explicar como vemos as cores, e tampouco tentaremos fornecer aqui uma explicação detalhada. Mas o essencial é que, para compreendê-lo, devemos parar de pensar que a cor dos objetos é determinada pelas características da luz que recebemos deles. Em vez disso, devemos nos concentrar em entender que a experiência da cor corresponde a uma configuração específica de estados de atividade do sistema nervoso determinados por sua estrutura. Embora não o façamos agora, poderíamos demonstrar que, como tais estados de atividade neural (como enxergar o verde) podem ser desencadeados por uma variedade de perturbações luminosas distintas (como as que nos permitem ver sombras coloridas), é possível correlacionar o nomear de cores com estados de atividade neural, mas não com comprimentos de onda. Os estados de atividade neural que são desencadeados pelas diferentes perturbações em cada pessoa são determinados por sua estrutura individual, e não pelas características do agente perturbador.

O que dissemos é válido para todas as dimensões da experiência visual (movimento, textura, forma etc.), e também para qualquer outra modalidade perceptiva. Poderíamos citar situações semelhantes que nos revelam, de um só golpe, que aquilo que tomávamos como a simples apreensão de alguma coisa (como espaço ou cor) traz a marca indelével de nossa própria estrutura. Teremos de nos contentar, por enquanto, com as observações acima, confiando que o leitor realmente as

tenha vivenciado, e que, dessa forma, ainda esteja fresca em sua memória a experiência de perceber a instabilidade do que antes lhe parecera sólido.

De fato, tais experimentos (e outros semelhantes) contêm de modo capsular o sabor essencial do que desejamos expressar. Mostram-nos de que maneira nossa experiência está indissociavelmente amarrada à nossa estrutura. Não vemos o "espaço" do mundo — vivemos nosso campo visual. Não vemos as "cores" do mundo — vivemos nosso espaço cromático. Sem dúvida, e como descobriremos ao longo destas páginas, habitamos um mundo. Mas, ao examinarmos mais de perto como chegamos a conhecer esse mundo, sempre descobriremos que não podemos separar nossa história de ações — biológicas e sociais — de como ele nos parece ser. É algo tão óbvio e próximo de nós que fica muito difícil percebê-lo.

O grande escândalo

No zoológico do Bronx, em Nova Iorque, há um grande pavilhão especialmente dedicado aos primatas. Lá podemos ver de perto chipanzés, gorilas, gibões e muitos macacos do Velho e Novo Mundos. No entanto, nossa atenção é atraída para uma cela separada, nos fundos do pavilhão, cercada por fortes grades. Quando nos aproximamos, lemos a seguinte placa: "O primata mais perigoso do planeta". Ao olhar por entre as grades, vemos, com surpresa, nosso próprio rosto. Esclarece o letreiro que o homem já destruiu mais espécies sobre o planeta do que todas as outras espécies conhecidas. De observadores, passamos a observados (por nós mesmos). Mas o que vemos?



Ver nosso reflexo no espelho é sempre um momento muito peculiar, pois é quando tomamos consciência daquele nosso aspecto que não podemos conhecer de nenhу-

ma outra maneira — como quando revelamos o ponto cego, que nos mostra nossa própria estrutura, ou quando suprimimos a cegueira que ela acarreta, preenchendo o vazio. A reflexão é um processo de conhecer como conhecemos, um ato de nos voltarmos sobre nós mesmos, a única oportunidade que temos de descobrir nossas cegueiras e de reconhecer que as certezas e os conhecimentos dos outros são, respectivamente, tão nebulosos e tênuas quanto os nossos.

A situação especial de conhecer como se conhece é tradicionalmente elusiva em nossa cultura ocidental, centrada na ação, e não na reflexão. Assim, geralmente nossa vida pessoal é cega a si mesma. É como se um tabu nos dissesse: “É proibido conhecer o conhecer.” Na verdade, não saber como se constitui nosso mundo de experiências, que está de fato mais próximo de nós, é uma vergonha. Há muitas vergonhas no mundo, mas essa ignorância está entre as piores.

Talvez uma das razões por que se evita tocar nas bases do nosso conhecer é a sensação um pouco vertiginosa causada pela circularidade de se utilizar o instrumento de anáise para analisar o instrumento de análise — é como pretender que um olho veja a si mesmo. A Figura 7, um desenho do artista holandês M.C. Escher, representa nitidamente tal vertigem por meio das mãos que se desenham mutuamente, de modo que se desconhece a origem do processo: qual das mãos é a “verdadeira”?

De forma semelhante, embora saibamos que os processos envolvidos em nossas atividades, em nossa constituição, em nossas ações como seres vivos, constituem nosso conhecer, pretendemos investigar como conhecemos examinando esses elementos por meio desses processos. Mas não temos outra alternativa, pois o que fazemos é inseparável de nossa experiência do mundo, com todas as suas regularidades: seus centros comerciais, suas crianças, suas guerras atômicas. Mas podemos tentar (e o leitor deve assumir isso como tarefa pessoal) nos conscientizar de tudo o que implica essa coincidência continua de nosso ser, nosso fazer e nosso conhecer, abandonando a atitude cotidiana de estampar sobre nossa experiência um selo de inquestionabilidade, como se refletisse um mundo absoluto.

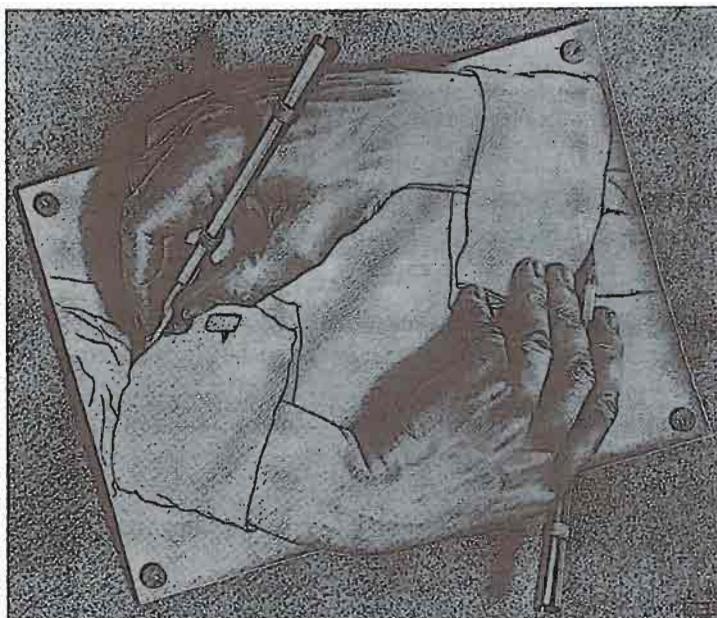


Figura 7. *Mãos que desenham*, de M. C. Escher.

Portanto, na base de tudo o que diremos está essa constante consciência de que o fenômeno do conhecer não pode ser equiparado à existência de "fatos" ou objetos lá fora, que podemos captar e armazenar na cabeça. A experiência de qualquer coisa "lá fora" é validada de modo especial pela estrutura humana, que torna possível "a coisa" que surge na descrição.

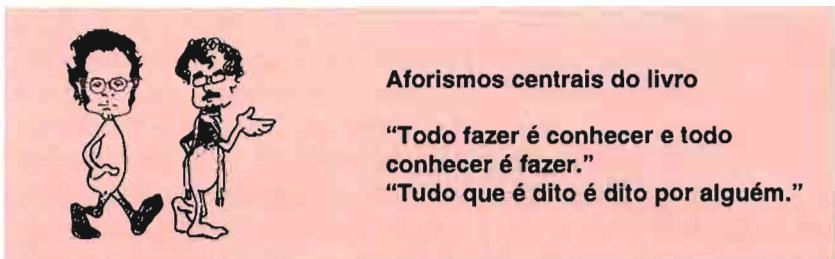
Tal circularidade, tal encadeamento entre ação e experiência, tal inseparabilidade entre ser de uma maneira particular e como o mundo nos parece ser, indica que *todo ato de conhecer produz um mundo*. Essa característica do conhecer será invariavelmente nosso problema, nosso ponto de partida e a linha mestra de tudo o que apresentaremos nas páginas seguintes. Tudo isso pode ser condensado no aforismo: *Todo fazer é conhecer e todo conhecer é fazer*.

Quando falamos aqui de ação e experiência, não nos referimos apenas ao que ocorre em relação ao mundo que nos

cerca, no plano meramente “físico”. Tal característica do fazer humano se aplica a todas as dimensões de nossa existência. Em particular, aplica-se ao que estamos fazendo aqui e agora, nós e os leitores. E o que estamos fazendo? Estamos na linguagem, movendo-nos dentro dela, num modo peculiar de conversação: um diálogo imaginado. Toda reflexão, inclusive a reflexão sobre os fundamentos do conhecer humano, se dá necessariamente na linguagem, que é nossa forma particular de sermos humanos e estarmos no fazer humano. Por esse motivo, a linguagem também é nosso ponto de partida, nosso instrumento cognitivo e nosso problema. É muito importante não esquecermos que a circularidade entre ação e experiência também se aplica ao que estamos fazendo aqui e agora, e tem consequências fundamentais, como o leitor verá adiante. Tal ponto não deve ser esquecido nunca, e para tanto resumiremos tudo o que foi dito num segundo aforismo que devemos ter em mente ao longo deste livro: *Tudo o que é dito, é dito por alguém.* Toda reflexão produz um mundo. Sendo assim, é uma ação humana realizada por alguém em particular, num lugar em particular.

Esses dois aforismos devem ser os faróis a nos lembrar constantemente de onde viemos e para onde vamos.

Costuma-se pensar que essa produção do conhecimento seja uma dificuldade, um erro ou resíduo explicativo a ser erradicado. Daí, por exemplo, a afirmação de que a sombra colorida é uma “ilusão ótica” e que, “na realidade”, não existe cor. Afirmamos exatamente o oposto: esse caráter do conhecer é a chave mestra para compreendê-lo, e não um resíduo incômodo ou um obstáculo. O produzir do mundo é o cerne pulsante do conhecimento, e está associado às raízes mais profundas de nosso ser cognitivo, por mais sólida que nos pareça nossa experiência. E, já que essas raízes se estendem até a própria base biológica, como veremos, esse gerar se manifesta em todas as nossas ações e em todo o nosso ser. Sem dúvida se manifesta em todas aquelas ações da vida social humana em que costuma ser evidente, como no caso dos valores e preferências. Não há uma descontinuidade entre o social e o humano e suas raízes biológicas. O fenômeno do conhecer é um todo integrado, e todos os seus aspectos estão fundados sobre a mesma base.



Explicação

Nosso objetivo, portanto, é claro: queremos examinar o fenômeno do conhecer, considerando a natureza universal do fazer na cognição — esse gerar de um mundo — como nosso problema e ponto de partida, de modo a revelar seu fundamento. E qual será nosso critério para saber se tivemos êxito em nossa investigação?

Uma explicação sempre é uma proposição que reformula ou recria as observações de um fenômeno dentro de um sistema de conceitos aceitáveis para um grupo de pessoas que compartilham um critério de validação. A magia, por exemplo, é tão explicativa para os que a aceitam como a ciência o é para quem a prefere. A diferença específica entre a explicação mágica e a científica reside no modo como se gera um sistema explicativo científico, o que constitui seus critérios de validação. Sendo assim, podemos distinguir quatro condições essenciais que devem ser satisfeitas na proposição de uma explicação científica. Elas não ocorrem, necessariamente, nessa seqüência, mas se imbricam de alguma forma.

- a. Descrição do ou dos fenômenos a serem explicados de forma aceitável para a comunidade de observadores.
- b. Proposição de um sistema conceitual capaz de gerar o fenômeno a ser explicado de maneira aceitável para a comunidade de observadores (hipótese explicativa).
- c. Dedução, a partir de b, de outros fenômenos não considerados explicitamente na proposição, bem como a descrição de suas condições de observação na comunidade de observadores.
- d. Observação desses outros fenômenos deduzidos a partir de b.



CONHECER

Conhecer é ação efetiva, ou seja, efetividade operacional no domínio de existência do ser vivo.

EXPLICAÇÃO DO CONHECER

- I. Fenômeno a ser explicado: a ação efetiva do ser vivo em seu meio ambiente.
- II. Hipótese explicativa: organização autônoma do ser vivo; deriva filogenética e ontogenética com conservação da adaptação (acoplamento estrutural).
- III. Dedução de outros fenômenos: coordenação comportamental nas interações recorrentes entre seres vivos e coordenação comportamental recursiva sobre a coordenação comportamental.
- IV. Observações adicionais: fenômenos sociais, domínios lingüísticos, linguagem e autoconsciência.

Somente se tais critérios de validação forem satisfeitos, a explicação será considerada científica, e uma afirmação só é considerada científica quando se fundamenta em explicações científicas.

Esse ciclo de quatro componentes não é estranho ao nosso pensamento cotidiano. Costumamos usá-lo para explicar os fenômenos mais variados, como o defeito de um automóvel ou as eleições presidenciais. O que os cientistas fazem é tentar ser plenamente consistentes e explícitos com relação a cada um dos passos, deixando um registro documentado de modo a criar uma tradição que vá além de uma só pessoa ou geração.

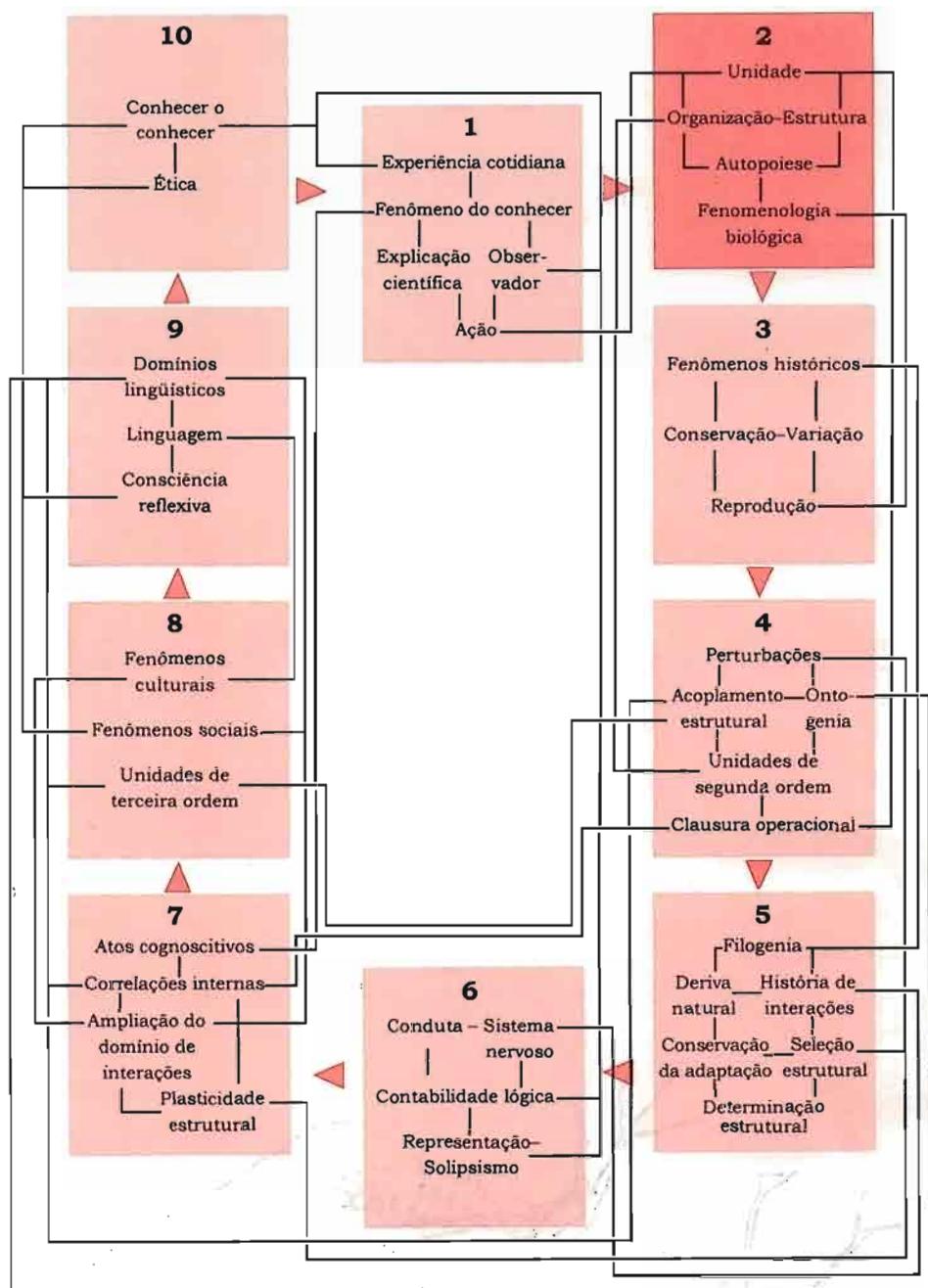
Nossa situação é exatamente a mesma. Tanto o leitor como nós, os autores, tornamo-nos observadores que fazem descrições. Como observadores, escolhemos precisamente o conhecer como o fenômeno a ser explicado. Além disso, o que

dissemos torna evidente qual será nossa descrição de partida do fenômeno do conhecer: já que todo conhecer produz um mundo, nosso ponto de partida será, necessariamente, a eficácia operacional do ser vivo em seu domínio de existência. Em outras palavras, nosso ponto de partida, para gerar uma explicação cientificamente validável, é caracterizar a cognição como *uma ação efetiva*, uma ação que permita a um ser vivo continuar sua existência em determinado meio ao produzir aí seu mundo. Nem mais, nem menos.

E como saberemos se obtivemos uma explicação satisfatória do fenômeno do conhecer? Bem, o leitor poderá, a esta altura, imaginar a resposta: quando tivermos proposto um sistema conceitual capaz de *gerar* o fenômeno cognitivo como resultado da ação de um ser vivo, e tivermos mostrado que tal processo pode resultar em seres vivos como nós, capazes de gerar descrições e refletir sobre elas como resultado de sua realização como seres vivos, operando efetivamente em seus domínios de existência. A partir dessa proposição explicativa, haveremos de perceber como é que podem ser geradas todas as dimensões do conhecer que nos são familiares.

Tal é o roteiro que propomos ao leitor nestas páginas. Ao longo dos capítulos seguintes, desenvolveremos tanto essa proposição explicativa como sua conexão com vários fenômenos adicionais, tais como a comunicação e a linguagem. Ao final dessa jornada, o leitor poderá revisitar estas páginas e avaliar até que ponto foi proveitoso ter aceito nosso convite para olhar o fenômeno do conhecer de uma nova forma.





2

A ORGANIZAÇÃO DOS SERES VIVOS



Figura 8. Galáxia M104, da constelação de Virgem.

Nosso ponto de partida foi a consciência de que todo conhecer é uma ação da parte daquele que conhece. Todo conhecer depende da estrutura daquele que conhece. Esse ponto de partida serão indicador de nosso roteiro conceitual ao longo destas páginas: como o conhecimento se produz na ação? Quais são as raízes e os mecanismos desse operar?

Diante dessas perguntas, o primeiro passo de nosso roteiro é o seguinte: o fato de o conhecer ser a ação daquele que conhece está enraizado no modo mesmo de seu *ser vivo*, em sua *organização*. Sustentamos que as bases biológicas do conhecer não podem ser entendidas somente pelo exame do sistema nervoso. Parece-nos necessário entender como esses processos estão enraizados no ser vivo como um todo.

Como consequência, neste capítulo passaremos a discutir alguns aspectos relacionados com a organização do ser vivo. Tal discussão não tem caráter decorativo, nem é uma espécie de rudimento necessário para os que não possuem formação biológica. Neste livro, é uma peça fundamental para entender o fenômeno do conhecimento em toda a sua dimensão.

Uma breve história da Terra

Para darmos os primeiros passos rumo à compreensão da organização do ser vivo, veremos primeiro como sua *materialidade* pode nos servir como guia para compreendermos seu princípio básico. Façamos uma viagem por alguns marcos da transformação material que possibilitou o *aparecimento* dos seres vivos.

A Figura 8 mostra a chamada galáxia M104, da constelação de Virgem, conhecida como a galáxia-chapéu. Além de sua beleza, ela tem para nós um interesse especial: nossa própria galáxia, a Via Láctea, apresentaria um aspecto muito semelhante se a pudéssemos ver de longe. Como não podemos, devemos nos contentar com um diagrama como o da Figura 9, que mostra algumas dimensões do espaço estelar e das estrelas que nos fazem sentir humildes quando as compararmos

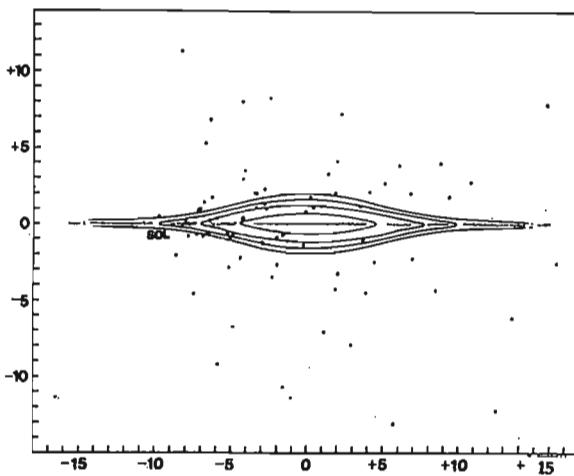


Figura 9. Distâncias na Via Láctea e localização do nosso sol.

com as nossas. As unidades escalares estão em quiloparsecs, e cada um deles equivale a 3.260 anos-luz. Dentro da Via Láctea, nosso sistema solar ocupa uma posição bastante periférica, a cerca de 8 quiloparsecs do centro.

Nosso sol é uma entre vários milhões de outras estrelas que formam essas estruturas multifacetadas que são as galáxias. Como as estrelas se originaram? Uma proposta de reconstituição dessa história é a seguinte.

O espaço interestelar contém enormes quantidades de hidrogênio. As turbulências dessas massas gasosas produzem verdadeiras bolsas de gases de alta densidade, mostradas nas primeiras etapas da Figura 10. Nesse estado, algo muito interessante começa a acontecer: produz-se um equilíbrio entre a tendência à coesão, devido à gravidade, e a tendência à irradiação, devido às reações termonucleares no interior da estrela em formação. Essa irradiação, visível do exterior, nos permite ver as estrelas no céu, mesmo a grandes distâncias.

Quando os dois processos se equilibram, a estrela entra em sua chamada "seqüência principal" (Figura 10), qual seja, seu curso de vida como uma estrela individual. Durante esse período, a matéria que foi condensada é gradualmente

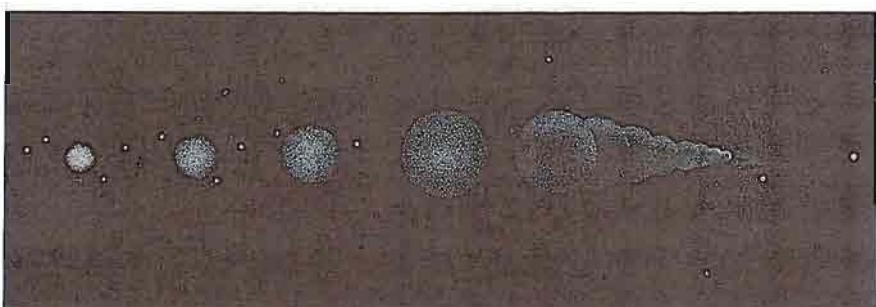


Figura 10. Esquema da seqüência de transformações de uma estrela desde sua formação.

consumida em reações termonucleares durante um período de cerca de 8 bilhões de anos. Quando uma porção do hidrogênio condensado é consumida, a seqüência principal termina num processo de transformações mais dramáticas. Primeiro a estrela se converte num gigante vermelho, em seguida numa estrela pulsante, e por último numa supernova, explodindo num verdadeiro espirro cósmico, formador de elementos pesados. A matéria restante no centro da estrela se colapsa numa estrela menor e de densidade muito alta, chamada "anã branca".

Nosso sol encontra-se aproximadamente no meio de sua seqüência principal, e espera-se que continue irradiando durante pelo menos 3 bilhões de anos antes de se consumir. Pois bem, muitas vezes durante a transformação de uma estrela, esta atrai do espaço interestelar e agrupa a seu redor um halo de matéria, que gira em torno de si e depende energeticamente de seu curso de transformações. A Terra e os outros planetas de nosso sistema planetário são desse tipo, e devem ter sido captados como remanescentes da explosão de uma supernova, já que são ricos em átomos pesados.

Segundo os geofísicos, a Terra tem no mínimo 5 bilhões de anos e uma história de transformações incessantes. Se a tivéssemos visitado há 4 bilhões de anos e caminhado sobre sua superfície, teríamos encontrado uma atmosfera composta de



gases tais como metano, amônia, hidrogênio e hélio — certamente uma atmosfera muito diferente da que conhecemos hoje. Diferente, entre outras coisas, por estar constantemente submetida a um bombardeio energético de radiação ultravioleta, raios gama, descargas elétricas, impactos meteóricos e explosões vulcânicas. Todos esses impactos de energia produziram (e ainda produzem) na Terra primitiva e na sua atmosfera uma diversificação contínua de espécies moleculares. Nos princípios da história da estrela havia, fundamentalmente, homogeneidade molecular. Depois da formação dos planetas, um processo contínuo de transformação química levou a uma grande diversidade de espécies moleculares, tanto na atmosfera como sobre a superfície da Terra.

Contudo, dentro dessa complexa e contínua história de transformações moleculares, para nós é particularmente interessante o momento de acumulação e diversificação das moléculas formadas por cadeias de carbono, ou *moléculas orgânicas*. Já que os átomos de carbono podem formar, sozinhos e com a participação de muitos outros tipos de átomos, um número ilimitado de cadeias diferentes em tamanho, ramificação, dobradura e composição, a diversidade morfológica e química das moléculas orgânicas é, em princípio, infinita. É precisamente essa diversidade morfológica e química das moléculas orgânicas o que torna possível a existência dos seres vivos, ao permitir a diversidade de reações moleculares envolvidas nos processos que as produzem. Voltaremos a falar disso. Por enquanto, podemos dizer que alguém que passasse pela Terra primitiva veria a contínua produção abiogênica (sem a participação

de seres vivos) de moléculas orgânicas, tanto na atmosfera como nos mares, agitados como verdadeiros caldeirões de reações moleculares. A Figura 11 mostra algo dessa diversidade: vemos uma molécula de água, que tem somente um número muito limitado de associações, comparada a outras moléculas orgânicas.

O aparecimento dos seres vivos

Quando as transformações moleculares nos mares da Terra primitiva atingiram esse ponto, tornou-se possível a formação de sistemas de reações moleculares de um tipo particular. Ou seja: a diversificação e a plasticidade possíveis na família de moléculas orgânicas possibilitaram, por sua vez, a formação de redes de reações moleculares que produzem os mesmos tipos de moléculas que as integram, ao passo que limitam

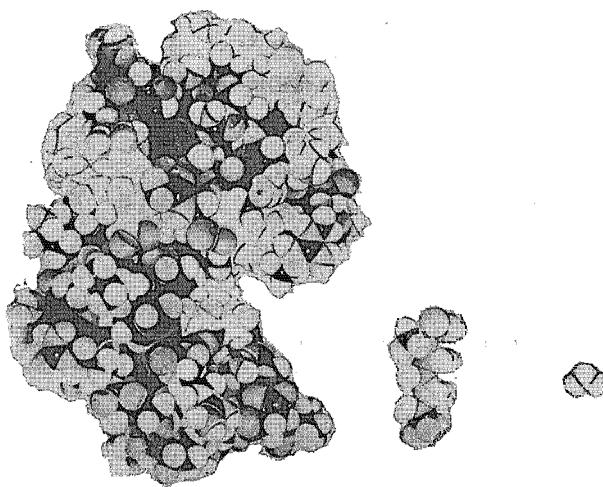


Figura 11. Comparação em escala de modelos de moléculas de água (à esquerda); de um aminoácido, a lisina (no centro) e de uma proteína, a enzima ribonuclease (à direita).

o contorno espacial em que se realizam. Tais redes e interações moleculares que se produzem a si mesmas e especificam seus próprios limites são, como veremos a seguir, os seres vivos.

A Figura 12 mostra fotografias feitas com microscópio eletrônico desse tipo de agrupamento molecular formado há mais de 3,4 bilhões de anos. Poucos casos desse tipo foram encontrados, mas existem. Há outros exemplos encontrados em depósitos fósseis geologicamente mais recentes: com menos de 2 bilhões de anos. Os pesquisadores classificaram tais agrupamentos moleculares como os fósseis dos primeiros seres vivos — na verdade, como fósseis de seres vivos ainda existentes hoje em dia: as bactérias e as algas.

Agora, a afirmação “Este é o fóssil de um ser vivo” é muito curiosa, e convém examiná-la mais detidamente. O que permite a um pesquisador dizer isso? Vamos por etapas. Em primeiro lugar, foi necessário fazer uma observação para depois afirmar que há algo, alguns pequenos glóbulos, cujo perfil pode ser visto sob o microscópio. Em segundo lugar, observa-

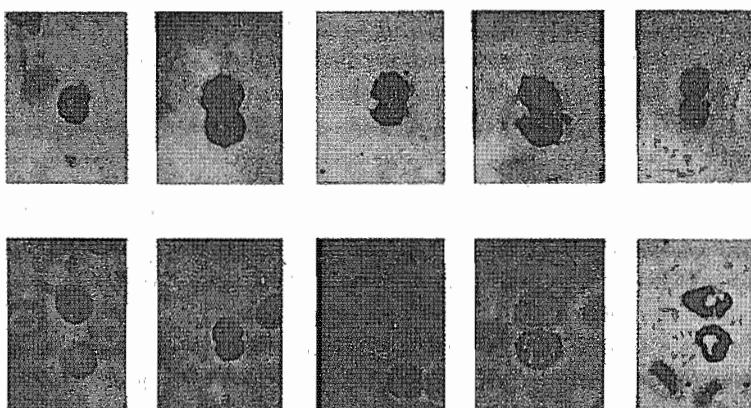


Figura 12. Acima: fotografias de fósseis presumíveis de bactérias, encontrados em depósitos de mais de três bilhões de anos. Abaixo: fotografias de bactérias vivas e atuais, cuja forma é comparável à dos fósseis.

se que as unidades assim indicadas se parecem, morfologicamente, com seres vivos que existem atualmente. Como há evidências convincentes de que esses glóbulos são característicos de seres vivos, e de que esses depósitos datam de uma época compatível com a história de transformações da superfície e atmosfera terrestres, associadas a processos próprios aos seres vivos como hoje os conhecemos, conclui-se que são fósseis de seres vivos.

Ou seja, o pesquisador está propondo um critério que diz: os seres vivos que existiam antes devem se parecer (nesse caso, morfologicamente) com os seres vivos de hoje. Isso implica que precisamos ter, ainda que implicitamente, alguns critérios para saber e classificar quando uma entidade ou sistema é um ser vivo e quando não é.

Ficamos com um problema difícil: Como saber quando um ser é vivo? Quais são meus critérios? Ao longo da história da biologia, muitos critérios foram propostos. Todos apresentam dificuldades. Por exemplo, alguns propuseram que o critério deveria ser a composição química. Ou então a capacidade de movimento. Ou então a reprodução. Ou, por fim, alguma combinação de tais critérios, isto é, uma lista de propriedades. Mas como saber quando a lista está completa? Por exemplo, se construirmos uma máquina capaz de reproduzir a si mesma, mas feita de ferro e plástico em vez de moléculas, estaria ela viva?

Queremos propor uma resposta a essa pergunta de modo radicalmente distinto da tradicional enumeração de propriedades, e que simplifica o problema tremendamente. Para entender essa mudança de perspectiva, precisamos perceber que só o fato de perguntarmos como se reconhece um ser vivo indica que temos uma idéia, ainda que implícita, de sua *organização*. É essa idéia que determinará se aceitaremos ou rejeitaremos a resposta que nos oferecerem. Para evitar que tal idéia implícita seja uma armadilha que nos tolha e cegue, precisamos ter consciência dela ao considerarmos a resposta seguinte.

O que é a organização de algo? É ao mesmo tempo muito simples e potencialmente complicado. São aquelas relações que precisam existir ou ocorrer para que esse algo exista.

DISTINÇÕES

O ato de designar qualquer ser, objeto, coisa ou unidade, está vinculado a um ato de *distinção*, que destaca o designado e o distingue de um fundo. Toda vez que fazemos referência a algo, de modo implícito ou explícito, estamos especificando um *critério de distinção*, que designa aquilo de que falamos e especifica sua propriedade como ser, unidade ou objeto.

É uma situação inteiramente cotidiana, nada excepcional, em que estamos imersos necessária e permanentemente.



UNIDADES

Uma *unidade* (entidade, objeto) é suscitada por um ato de distinção. Inversamente, toda vez que fazemos referência a uma unidade em nossas descrições, tornamos implícita a operação de distinção que a define e possibilita.



Para que eu julgue este objeto como uma cadeira, preciso reconhecer uma certa relação entre as partes que chamo de pernas, encosto e assento, de forma que torne o sentar-se possível. Se é feita de madeira e pregos, ou de plástico e parafusos, é totalmente irrelevante para que eu a qualifique ou classifique como uma cadeira. Essa situação, em que reconhecemos implicitamente ou explicitamente a organização de um objeto, quando o indicamos ou distinguimos, é universal por ser algo que fazemos constantemente: um ato cognitivo básico, que consiste em simplesmente gerar nada mais, nada menos do que classes de qualquer tipo. Assim, a classe de cadeiras é definida pelas relações que devem ser cumpridas para que eu classifique algo como cadeira. A classe de “boas ações” é definida pelos crité-

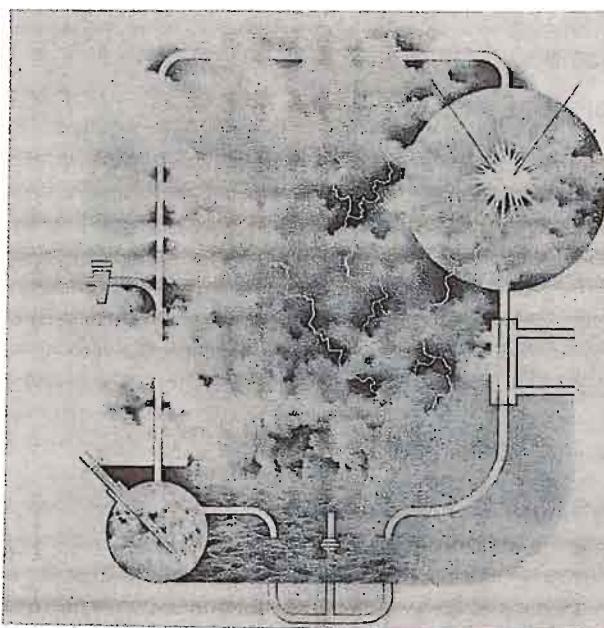


Figura 13. O experimento de Miller como metáfora das transformações da atmosfera primitiva.

rios que estabeleço e devo aplicar entre as ações realizadas e suas conseqüências para que sejam consideradas boas.

É fácil apontar para uma determinada organização ao indicar os objetos que compõem uma classe, mas pode ser complexo e difícil descrever exata e explicitamente as relações que constituem tal organização. No caso da classe das cadeiras, parece fácil descrever a organização "cadeira", mas tal não se dá com a classe das boas ações, a menos que se compartilhe de uma quantidade imensa de elementos culturais.

Quando falamos de seres vivos, já estamos pressupondo algo em comum entre eles — de outro modo, não os incluiríamos na mesma classe que designamos com o nome "vivos". O que não foi respondido todavia é: "Qual é a organização que os define como classe?" Nossa proposta é que os seres vivos se caracterizam por, literalmente, produzirem-se continuamente a si mesmos — o que indicamos ao chamarmos a organização que

os define de *organização autopoietica*. Fundamentalmente, essa organização se define por certas relações que passaremos a explicitar e que veremos mais facilmente em nível celular.

Em primeiro lugar, os componentes moleculares de uma unidade autopoietica celular devem estar dinamicamente relacionados numa contínua rede de interações. Hoje conhecemos muitas das transformações químicas concretas dessa rede, e o bioquímico lhes dá o termo coletivo de *metabolismo celular*.

Mas o que distingue essa dinâmica celular, se comparada a qualquer outro conjunto de transformações moleculares nos processos naturais? É muito interessante: esse metabolismo celular produz componentes que integram a rede de transformações que os produzem. Alguns desses componentes formam uma fronteira, um limite para essa rede de transformações. Em termos morfológicos, podemos considerar a estrutura que torna possível essa clivagem no espaço como uma *membrana*. Contudo, essa fronteira membranosa não é um produto do metabolismo celular, assim como um tecido é produto de uma máquina de fabricar tecidos. Isso porque essa membrana não só limita a extensão da rede de transformações que produziu seus componentes integrantes como também participa dessa rede. Se não existisse tal arquitetura espacial, o metabolismo celular se desintegraria numa sopa molecular, que se difundiria por toda parte e não formaria uma unidade discreta como a célula.

Temos, portanto, uma situação muito especial no que diz respeito às relações de transformações químicas: por um lado, podemos ver uma rede de transformações dinâmicas que produz seus próprios componentes e que é a condição de possibilidade da fronteira, por outro, vemos uma fronteira que é a condição de possibilidade para a operação da rede de transformações que a produziu como unidade.



A ORIGEM DAS MOLÉCULAS ORGÂNICAS

Quando se discute a origem das moléculas orgânicas comparáveis às que se encontram nos seres vivos (tais como as bases nucleotídicas, os aminoácidos ou as cadeias protéticas), tende-se a pensar que é demasiado pequena a probabilidade de que tenham se produzido espontaneamente, e que alguma força direcional deve ter participado do processo. Segundo a reconstrução que esboçamos, não foi assim. Cada uma das etapas descritas surge como consequência da anterior de modo inevitável. Mesmo hoje em dia, quando produzimos uma imitação da atmosfera primitiva, com a turbulência energética adequada, obtemos moléculas orgânicas de complexidade comparável às encontradas nos seres vivos atuais. Mesmo hoje em dia, se uma massa gasosa de hidrogênio é suficientemente comprimida, ocorrem no interior dela reações termo-nucleares que dão origem a novos elementos atômicos que antes não estavam presentes. A história que estamos delineando é feita de seqüências que se sucedem inevitavelmente, e alguém só se surpreenderia com o resultado se não tivesse acesso à seqüência histórica completa. Uma das evidências mais clássicas de que não há descontinui-

dade nessa transformação por etapas foi fornecida por um experimento realizado por Miller em 1953 (veja figura 13). A idéia de Miller é simples: colocar dentro de um tubo de laboratório uma imitação da atmosfera primitiva, reproduzindo sua composição e radiações energéticas. Ele conseguiu isso transmitindo uma descarga elétrica por meio de uma mistura de amoníaco, metano, hidrogênio e vapor d'água. Obtém-se os resultados das transformações moleculares pela circulação da água e pela análise das substâncias que ali se encontram dissolvidas. Para a surpresa de toda a comunidade científica, Miller produziu abundantes moléculas típicas dos organismos celulares modernos, tais como os aminoácidos alanina e ácido aspártico, e outras moléculas orgânicas como a uréia e o ácido succínico.



S. L. Miller, *Science* 117: 528, 1953.

ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA

Entende-se por *organização* as relações que devem se dar entre os componentes de um sistema para que este seja reconhecido como membro de uma classe específica. Entende-se por *estrutura* os componentes e as relações que concretamente constituem uma determinada unidade e realizam sua organização.

Por exemplo, na descarga, a organização do sistema de regulação do nível d'água consiste nas relações entre um aparelho capaz de detectar o nível da água e um outro capaz de interromper o fluxo de entrada da água. No banheiro doméstico, encontramos um sistema misto de plástico e

metal que consiste numa bôia e numa válvula de passagem. Essa estrutura, todavia, poderia ser modificada substituindo-se o plástico pela madeira, sem alterar o fato de ser um sistema de descarga.



Notemos que tais processos não são seqüenciais, e sim dois aspectos de um fenômeno unitário. Não é que primeiro haja a fronteira, depois a dinâmica, depois a fronteira, e assim por diante. Falamos de um tipo de fenômeno em que a possibilidade de distinguir algo do todo (algo que posso ver ao microscópio, por exemplo) depende da integridade dos processos que o possibilitam. Se interrompermos (em algum ponto) a rede metabólica celular, descobriremos que, após algum tempo, não teremos mais uma unidade para observar! A característica mais marcante de um sistema autopoietico é que ele se levanta por seus próprio cordões, e se constitui como distinto do meio circundante mediante sua própria dinâmica, de modo que ambas as coisas são inseparáveis.

Os seres vivos se caracterizam por sua organização autopoietica. Diferenciam-se entre si por terem estruturas diferentes, mas são iguais em sua organização.

Autonomia e autopoiese

Reconhecer que aquilo que caracteriza os seres vivos é sua organização autopoietica permite relacionar uma grande quantidade de dados empíricos sobre o funcionamento celular e sua bioquímica. O conceito de autopoiese, portanto, não contradiz esse corpo de dados — ao contrário, apóia-se neles e propõe, explicitamente, interpretá-los de um ponto de vista específico, que enfatiza o fato de os seres vivos serem unidades *autônomas*.

Usamos a palavra “autonomia” em seu sentido corrente — ou seja, um sistema é autônomo se puder especificar suas próprias leis, aquilo que é próprio dele. *Não* estamos sugerindo que os seres vivos são as únicas entidades autônomas: certamente não o são. Mas uma das características mais evidentes dos seres vivos é sua autonomia. Estamos propondo que o modo, o mecanismo que torna os seres vivos sistemas autônomos é a autopoiese, que os caracteriza enquanto tais.

A pergunta sobre a autonomia é tão antiga quanto a questão sobre o vivo. Só os biólogos contemporâneos se sentem desconfortáveis diante da pergunta: “como entender a autonomia do vivo?” De nosso ponto de vista, contudo, tal pergunta se transforma num guia que nos permite ver que, para entender a autonomia dos seres vivos, devemos conceber a organização que o define como unidade. Tomar consciência dos seres vivos como unidades autônomas é o que permite mostrar como sua autonomia, geralmente vista como algo misterioso e elusivo, se torna explícita quando indicamos que aquilo que os define como unidades é sua organização autopoietica. É nesta que simultaneamente se realizam e se especificam.

Nossa intenção, portanto, é proceder cientificamente: se não podemos fornecer uma lista de características do ser vivo, por que não propor um sistema que, ao operar, gere toda a sua fenomenologia? A evidência de que uma unidade autopoietica tem exatamente tais características se revela à luz do que sabemos sobre a interdependência entre metabolismo e estrutura celular.

AS CÉLULAS E SUAS MEMBRANAS

As membranas das células desempenham um papel muito mais rico e diversificado do que uma simples linha de demarcação espacial para um conjunto de transformações químicas, já que participam desse conjunto como os outros componentes celulares. O interior da célula contém uma intrincada arquitetura, composta de grandes blocos moleculares, através dos quais transitam múltiplas espécies orgânicas em contínua mutação. A membrana, operacionalmente falando, é parte desse interior. Isso vale tanto para as membranas que limitam os espaços celulares adjacentes ao meio exterior, como para as que limitam cada um dos variados espaços internos da célula (veja figuras 14 e 14a).

Essa arquitetura interior e a dinâmica celular são, como já fomos, faces de um mesmo fenômeno de autoprodução. Por exemplo, dentro das células há organelas especializadas como as mitocôndrias, em cujas paredes se situam, em seqüências espaciais precisas, enzimas que se comportam como verdadeiras cadeias transportadoras de elétrons sobre sua membrana, processo que constitui a base da respiração celular.



Possuir uma organização, evidentemente, é próprio não só dos seres vivos, mas de todas as coisas que podemos analisar como sistemas. No entanto, o que os distingue é sua organização ser tal que seu único produto são eles mesmos, inexistindo separação entre produtor e produto. O ser e o fazer de uma unidade autopoietica são inseparáveis, e esse constitui seu modo específico de organização.

A organização autopoietica, como toda organização, pode ser obtida por muitas classes diferentes de componentes. No entanto, precisamos compreender que, no âmbito molecular da origem dos seres vivos terrestres, somente algumas espécies moleculares devem ter possuído as características que permitiram constituir unidades autopoieticas, iniciando a his-

tória estrutural a que nós próprios pertencemos. Por exemplo, foi necessário contar com moléculas capazes de formar membranas suficientemente estáveis e plásticas para serem, por sua vez, barreiras eficazes, e de propriedades mutantes para a difusão de moléculas e íons por longos períodos de tempo com relação às velocidades moleculares. As moléculas das lâminas de silicone, por exemplo, formam barreiras de propriedades demasiado rígidas para participarem de unidades dinâmicas (células), envolvidas numa troca molecular contínua e rápida com o meio.

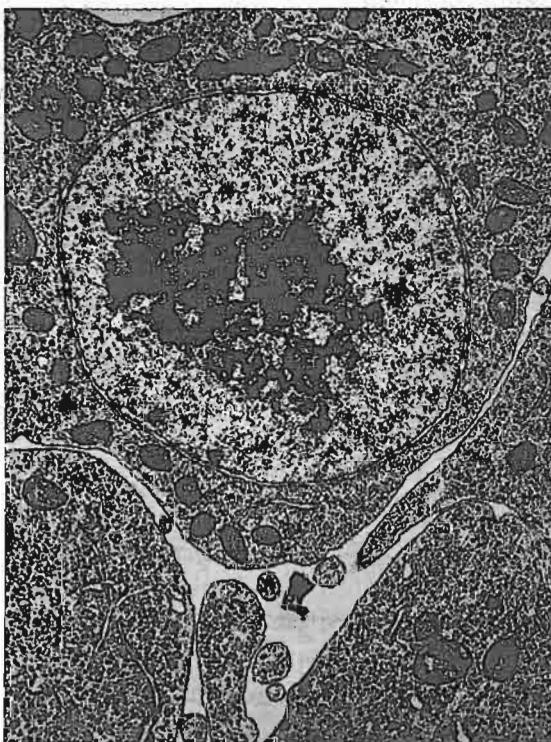


Figura 14. Microfotografia de um embrião de sanguessuga, que mostra membranas e componentes intracelulares (com aumento de aproximadamente vinte mil vezes). O diagrama destaca os principais perfis, tais como membrana nuclear, mitocôndrias, retículo endoplasmático, ribossomas e membrana celular. A ilustração seguinte faz uma projeção tridimensional hipotética do que permaneceria sob a superfície do corte.

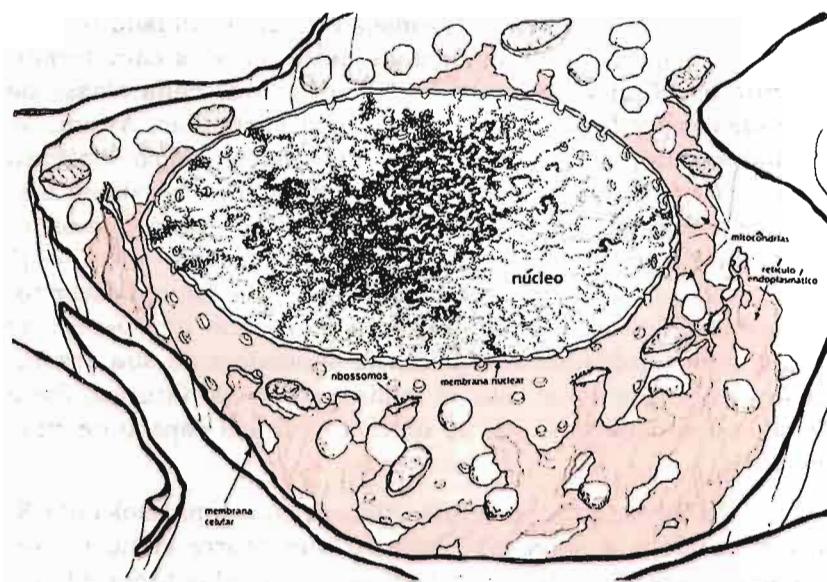


Figura 14a

Somente quando, na história da Terra, se deram as condições para a formação de moléculas orgânicas como as proteínas, cuja flexibilidade e maleabilidade é praticamente ilimitada, surgiram também as condições para a formação de unidades autopoieticas. De fato, podemos supor que, quando se deram na história da Terra todas as condições suficientes, a formação de sistemas autopoieticos ocorreu de modo inevitável.

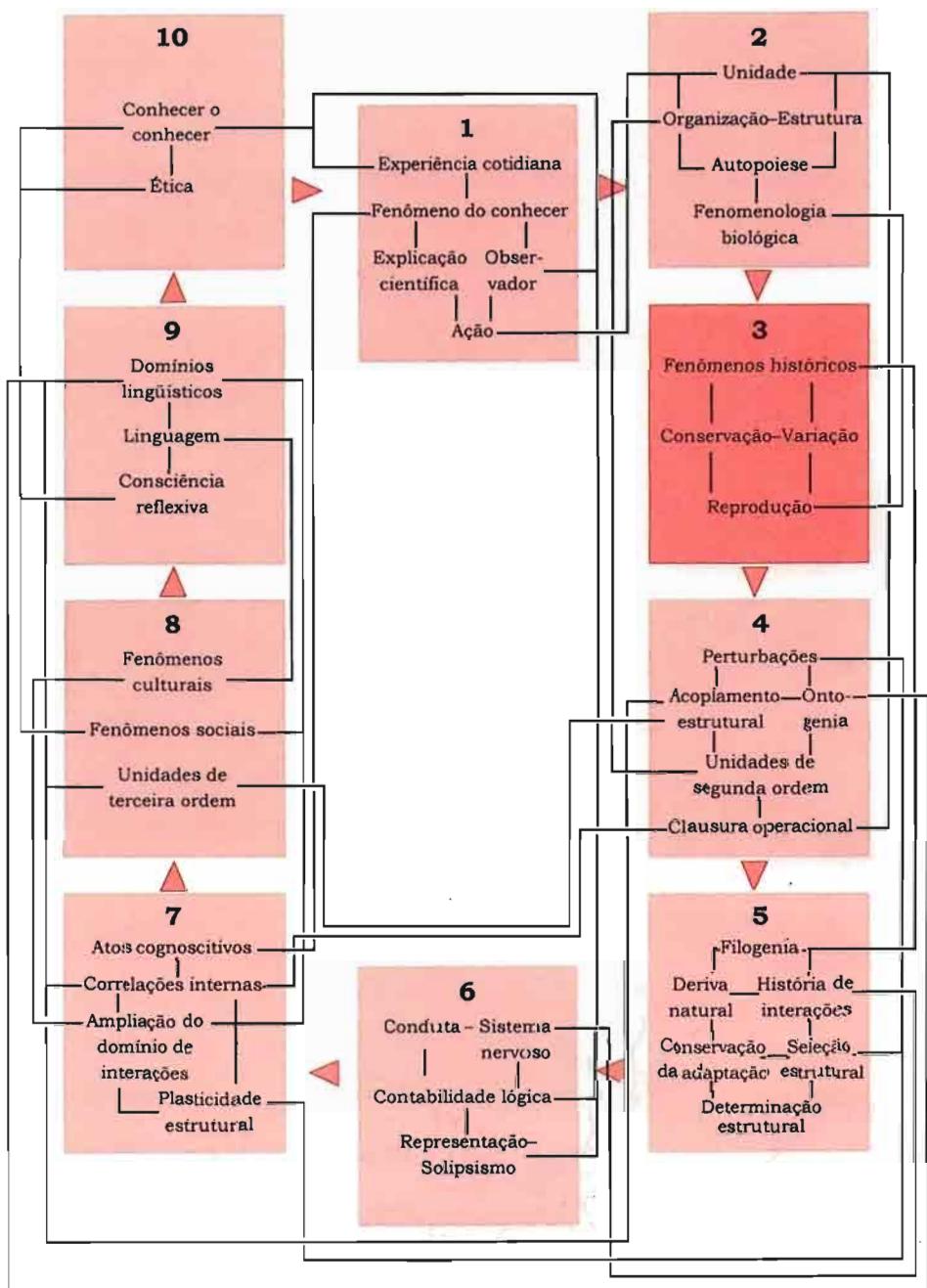
Tal momento é o ponto que podemos assinalar como a origem da vida. Isso não quer dizer que tenha sido num só instante e num só lugar, nem que possamos especificar uma data para essa origem. Tudo nos faz pensar que, uma vez dadas as condições para a origem dos sistemas vivos, estes se originaram muitas vezes — ou seja, muitas unidades autopoieticas, com muitas variantes estruturais, surgiram em vários lugares da Terra ao longo de talvez muitos milhões de anos.

O aparecimento de unidades autopoieticas sobre a face da Terra é um marco na história do nosso sistema solar. Preci-

samos entender isso bem. A formação de uma unidade sempre determina uma série de fenômenos associados às características que a definem. Podemos, então, dizer que cada classe de unidades especifíca uma fenomenologia particular. Assim, as unidades autopoieticas especificam a *fenomenologia biológica* como a fenomenologia própria delas, com características distintas da fenomenologia física. Não porque as unidades autopoieticas violem algum aspecto da fenomenologia física — já que, por terem componentes moleculares, devem satisfazer todas as leis físicas — mas porque o fenômeno que geram ao operar como unidades autopoieticas dependem de sua organização e do modo como esta se realiza, e não da natureza física de seus componentes, que só determinam seu espaço de existência.

Portanto, se uma célula interage com uma molécula X, incorporando-a a seus processos, o que ocorre como consequência dessa interação é determinado não pelas propriedades da molécula X, mas pelo modo com que essa molécula é “vista” ou tomada pela célula quando esta a incorpora em sua dinâmica autopoietica. As mudanças que ocorrem nela como consequência dessa interação serão determinadas por sua própria estrutura como unidade celular. Portanto, na medida em que a organização autopoietica determina a fenomenologia biológica ao conceber os seres vivos como unidades autônomas, um fenômeno biológico será qualquer fenômeno que envolva a autopoiese de pelo menos um ser vivo.





3 HISTÓRIA: REPRODUÇÃO E HEREDITARIEDADE

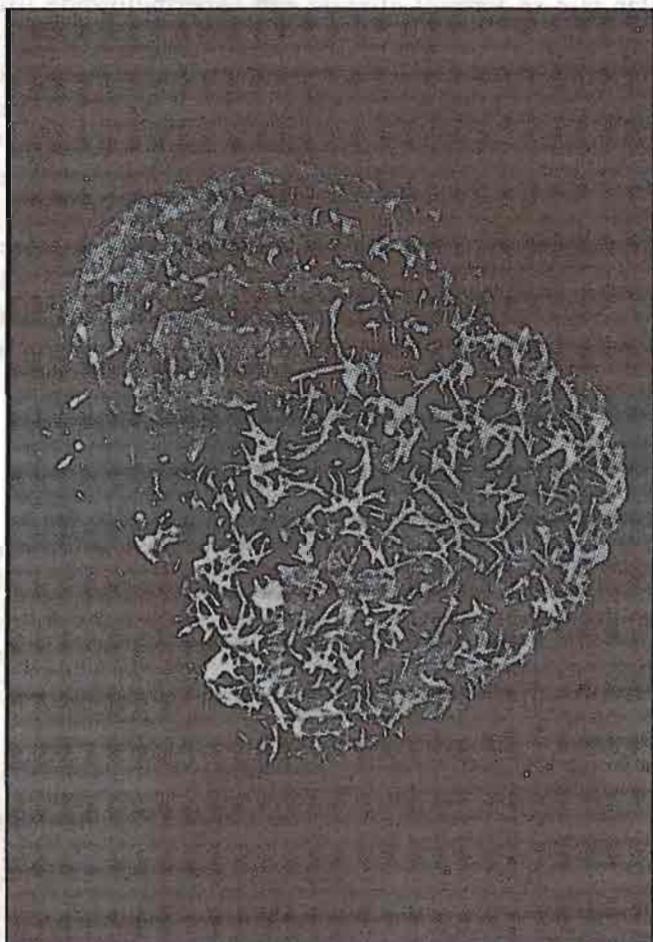


Figura 15. Uma das primeiras divisões de um embrião de rato.

Este capítulo tratará de reprodução e hereditariedade. Dois motivos o tornam necessário. Um deles é que nós, como seres vivos — e, como veremos, também como seres sociais — temos uma *história*: descendemos por reprodução, não só de nossos antepassados humanos, mas também de antepassados muito diferentes, que recuam no tempo mais de 3 bilhões de anos. O outro motivo é que, como organismos, somos seres multicelulares, todas as nossas células descendem por reprodução da célula particular que se formou quando um espermatozóide uniu-se a um óvulo e nos deu origem. A reprodução está, portanto, inserida em nossa história como seres humanos e na história de nossos componentes celulares individuais. Curiosamente, isso faz de nós e de nossas células seres da mesma idade ancestral. O mesmo vale, de um ponto de vista histórico, para todos os seres vivos e para todas as células contemporâneas: compartilhamos a mesma idade ancestral. Portanto, para entendermos os seres vivos em todas as suas dimensões, e assim entendermos a nós mesmos, é necessário entender os mecanismos que os tornam seres históricos. Com esse fim, examinaremos em primeiro lugar o fenômeno da reprodução.

Como a reprodução acontece?

A biologia tem estudado os processos de reprodução sob vários pontos de vista, em particular em nível celular. Há muito tempo foi demonstrado que uma célula pode dar origem a outra por meio de uma divisão. A divisão celular (ou mitose) é um complexo processo de reordenação dos elementos celula-



ORGANIZAÇÃO E HISTÓRIA

A dinâmica de qualquer sistema no presente pode ser explicada se mostrarmos as relações entre suas partes e as regularidades de suas interações, de forma a revelar sua organização. Mas, para o entendermos plenamente, não basta vê-lo como uma unidade operando em sua dinâmica interna, mas também em suas circunstâncias, no contorno ou contexto a que seu operar o une. Tal compreensão requer sempre um certo distanciamento de observação, uma perspectiva que, no caso dos sistemas históricos, implica referência a uma origem. Isso pode ser fácil, por exemplo,

nos casos atuais das máquinas criadas pelo homem, pois temos acesso a todos os detalhes de sua produção. No entanto, a situação não é tão fácil no caso dos seres vivos, porque sua gênese e sua história nunca são diretamente visíveis, e só podem ser reconstituídas em fragmentos.



res que resulta na determinação de um plano de divisão. O que acontece nesse processo? O fenômeno da reprodução geralmente ocorre quando uma unidade, mediante determinado processo, dá origem a outra da mesma classe, que um observador pode reconhecer como possuidora da mesma organização que a original.

É evidente, portanto, que a reprodução pressupõe duas condições básicas: a unidade original e o processo que a reproduz.

No caso dos seres vivos, a unidade original é um ser vivo, uma unidade autopoietica, e o processo — de que trataremos adiante — deve terminar com a formação de pelo menos uma outra unidade autopoietica, distinta da que se considera ser a primeira.

O leitor atento deve ter percebido a esta altura que, ao vermos assim o fenômeno da reprodução, afirmamos que este-

não é constitutivo dos seres vivos. Portanto, não desempenha um papel em sua organização. Estamos tão acostumados a pensar os seres vivos como uma lista de propriedades (sendo a reprodução uma delas) que isso pode parecer chocante à primeira vista. No entanto, estamos dizendo simplesmente que a reprodução não pode ser parte da organização do ser vivo porque, para que algo se reproduza, é preciso que *antes* seja uma unidade e tenha uma organização que o defina. Trata-se de uma lógica simples e cotidiana. Se levarmos essa lógica comum às últimas consequências, seremos obrigados a concluir que os seres vivos são capazes de existir sem se reproduzir. Basta pensar numa mula para perceber isso. Discutiremos neste capítulo como a dinâmica estrutural de uma unidade autopoietica se complica no processo de reprodução, e as consequências disso para a história dos seres vivos. Mas *acrescentar* alguma coisa à dinâmica estrutural é bem diferente de mudar as características essenciais de uma unidade, o que implicaria mudar sua organização.

Modos de gerar unidades

Para entender o que acontece na reprodução celular, veremos várias situações que dão origem a unidades da mesma classe. Procuraremos, ao distingui-las, ver o que é próprio da reprodução celular.

Réplica: Falamos de réplica (ou, às vezes, de produção) quando temos um mecanismo que, ao operar, pode gerar repetidas unidades da mesma classe. Por exemplo, uma fábrica é um grande mecanismo produtivo que, por meio de repetidas aplicações de um mesmo procedimento, produz réplicas em série de unidades da mesma classe: tecidos, carros, pneus (Figura 16).

O mesmo acontece com os componentes celulares — o que se percebe claramente na produção das proteínas, em que os ribossomos, os ácidos nucléicos mensageiros e de transferência e outras moléculas formam a maquinaria de produção, sendo as proteínas o produto.

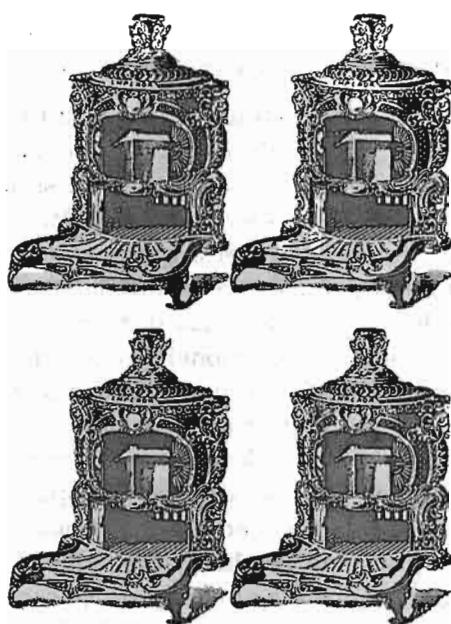


Figura 16. Um caso de réplica.

O principal no fenômeno da réplica é que o mecanismo de produção e o produto são sistemas operacionalmente distintos — o mecanismo de produção gera elementos independentes dele próprio. Como consequência de como a réplica ocorre, as unidades produzidas são historicamente *independentes* umas das outras. O que acontece a qualquer uma em sua história individual não afeta o que acontece às que se seguem na série de produção. O que acontece à minha Toyota depois que a comprei em nada afetará à fábrica Toyota, que continuará imperturbavelmente produzindo seus automóveis. Resumindo, as unidades produzidas por réplicas não constituem um sistema histórico entre si.

Cópia: Falamos de cópia sempre que temos uma unidade modelo e um procedimento de projeção para gerar uma unidade idêntica. Por exemplo, esta página colocada numa máquina Xerox gera uma cópia, como costumamos dizer. Logo, a unidade

modelo é esta página, e o procedimento é o método de operar com um mecanismo de projeção óptica (a máquina Xerox).

Agora, podemos distinguir nesta situação dois casos essencialmente diferentes. Se o *mesmo* modelo é usado para fazer várias cópias sucessivas, as cópias da série serão historicamente independentes umas das outras. Mas, se o resultado de uma cópia é usado para fazer a cópia seguinte, gera-se uma série de cópias historicamente relacionadas, pois o que acontece a cada uma delas no período em que se tornam individuais, antes de serem usadas como modelo, determina as características da cópia seguinte. Desse modo, se uma cópia desta página é por sua vez copiada pela mesma máquina, o original e as outras duas cópias diferirão levemente entre si. Se repetirmos esse mesmo processo, ao final de muitas cópias poderemos notar a progressiva transformação dessas cópias numa linhagem ou sucessão histórica de unidades copiadas. Um uso criativo desse fenômeno histórico é o que em arte se conhece como anamorfose (Figura 17): um excelente exemplo de deriva histórica.

Reprodução: Falamos de reprodução quando uma unidade sofre uma *fratura* que resulta em duas unidades da mesma classe. Isso acontece, por exemplo, quando um pedaço de giz é quebrado em dois, ou quando um cacho de uvas é dividido em dois cachos. As unidades que resultam dessas fraturas não são idênticas à original nem idênticas entre si. No entanto, perten-

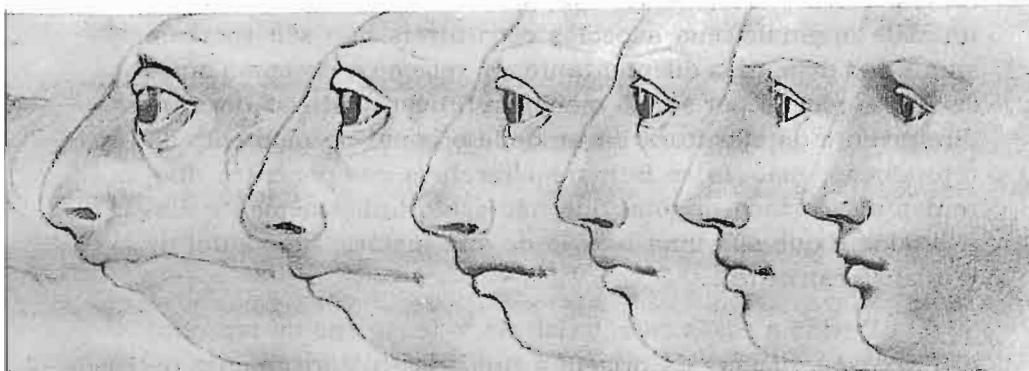
Figura 17. Um caso de cópia com substituição do modelo.



cem à mesma classe da original, ou seja, possuem a mesma organização. O mesmo não acontece na fratura de outras unidades, como um rádio ou uma cédula de dinheiro. Nesses casos, a fratura destrói a unidade original e deixa dois fragmentos, e não duas unidades da mesma classe da unidade original.

Para que a fratura de uma determinada unidade resulte no fenômeno da reprodução, a estrutura da unidade deve se organizar de modo *distribuído* e não-compartimentalizado. Assim, o plano de fratura pode separar fragmentos com estruturas capazes de realizar, de maneira independente, a organização original. O giz e o cacho de uvas têm esse tipo de estrutura, e admitem vários planos de fratura porque os componentes que formam suas respectivas organizações se repetem de uma maneira distribuída e não-compartimentalizada em toda a sua extensão (cristais de cálcio no giz e uvas no cacho).

Muitos sistemas na natureza satisfazem esses requisitos, o que torna a reprodução um fenômeno freqüente. Exemplos: cristais, madeiras, comunidades, estradas (Figura 18). Por outro lado, o rádio e a moeda não se reproduzem, porque as relações que os definem não se repetem em suas extensões. Há muitos sistemas dessa classe, tais como xícaras, pessoas, canetas-tinteiro e a declaração dos direitos humanos. Tal incapacidade de reproduzir é um fenômeno muito freqüente no universo. Interessante é que a reprodução, como fenômeno, não está restrita a um espaço particular nem a um grupo particular de sistemas.



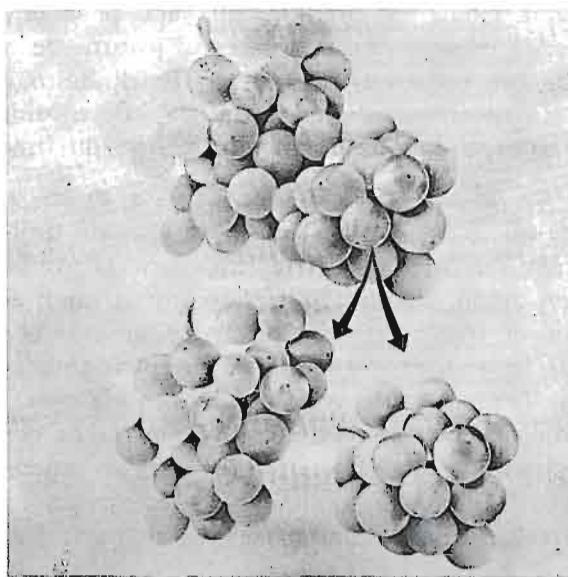


Figura 18. Um caso de reprodução por fratura.

O central no processo de reprodução (diferente da réplica ou da cópia) é que tudo acontece na unidade como *parte* dela mesma, e não há separação entre o sistema reprodutor e o sistema reproduzido. Tampouco se pode dizer que as unidades resultantes da reprodução preexistam ou estejam em formação antes que a fratura reprodutiva ocorra — elas simplesmente não existem. Além disso, ainda que as unidades resultantes da fratura reprodutiva tenham a mesma organização da unidade original, seus aspectos estruturais não são somente iguais aos dela, mas diferem tanto em relação a ela como entre si. E isso não só por serem menores. Suas estruturas derivam diretamente da estrutura da unidade original no momento da reprodução, mas ao se formarem recebem componentes diferentes da unidade original que não estão uniformemente distribuídos e que são uma função de sua história individual de mudança estrutural.

Devido a essas características, o fenômeno da reprodução *necessariamente* dá origem a unidades historicamente re-

lacionadas. Se estas sofram fraturas reprodutivas, formam em seu conjunto um sistema histórico.

A reprodução celular

Visto tudo isso, o que acontece com as células? Se tormarmos qualquer célula em seu estágio de interfase — ou seja, fora de seu processo de reprodução — e a fraturarmos, o resultado não será duas células. Durante a interfase, a célula é um sistema compartmentalizado, ou seja, há componentes que estão segregados do resto ou estão presentes em quantidades únicas (o que exclui qualquer plano de fratura reprodutiva).

- ☞ Isso acontece em particular com os ácidos desoxirribonucléicos (DNA), que compõem parte dos cromossomos e que, durante a interfase, estão contidos no núcleo e separados do citoplasma pela membrana nuclear (Figura 19a).

- ☞ Durante a mitose, ou divisão celular, todos os processos que ocorrem (b-j) consistem numa descompartmentalização celular. Isso se nota facilmente na Figura 19, que mostra a dissolução da membrana nuclear (com a réplica das grandes hélices duplas do DNA) e o deslocamento dos cromossomos e de outros componentes, o que torna possível um plano de fratura. Tudo ocorre sem interrupção da autopoiese celular, mas como resultado dela. Assim, é como parte da própria dinâmica da célula que se produzem as mudanças estruturais, tais como a formação da haste mitótica (d-h). Essas mudanças provocam uma clivagem ou fratura da célula formada.

- ☞ Visto dessa forma, o processo de reprodução celular é simples: uma fratura num plano gera duas unidades da mesma classe. Em células modernas eucarióticas (com núcleo), o estabelecimento desse plano e a mecânica da fratura formam um mecanismo intrincado e sofisticado de coreografia molecular. No entanto, nas células mais antigas (ou procarióticas), que não apresentam a mesma compartmentalização ilustrada pela Figura 19, o processo é de fato mais simples. Em todo caso, é evidente que a reprodução celular é do tipo discutido acima, e não uma réplica ou cópia de unidades.

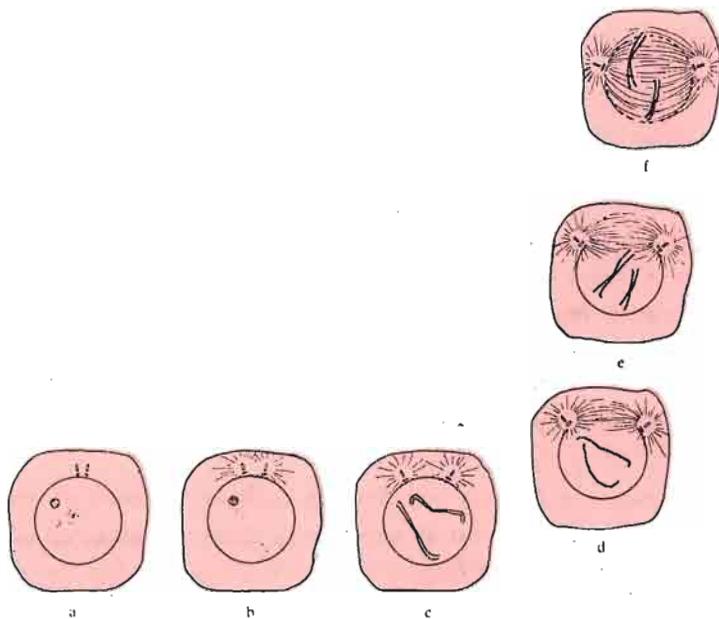
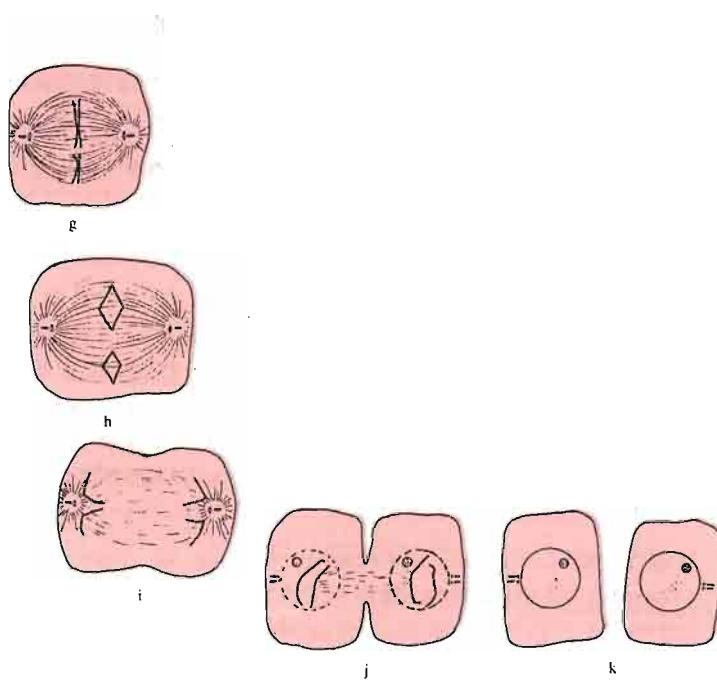


Figura 19. Mitose ou reprodução por fratura numa célula animal. O diagrama mostra as diferentes etapas de descompartimentalização que possibilitam a fratura reprodutiva.

Contudo, ao contrário dos exemplos de reprodução mencionados acima, na reprodução celular ocorre um fenômeno peculiar: é a própria dinâmica autopoietica que causa a fratura celular no plano de reprodução. Nenhum agente ou força externa é necessário. Podemos imaginar que a reprodução não se dava assim nas primeiras unidades autopoieticas — que a reprodução no inicio era uma fragmentação resultante do choque com outras entidades exteriores. Na rede histórica assim produzida, algumas células singulares passaram a fraturar-se como resultado de sua própria dinâmica interna, e a dispor de um mecanismo de divisão do qual derivou uma linhagem ou



sucessão histórica estável. Não é claro como isso ocorreu, e provavelmente essas origens estão perdidas para sempre. Mas isso não invalida o fato de a divisão celular ser um caso particular de reprodução que podemos chamar, legitimamente, de auto-reprodução.

Hereditariedade reprodutiva

Independentemente de seu início, sempre que se forma uma série histórica, ocorre o fenômeno da *hereditariedade* — ou seja, configurações estruturais próprias de um membro de uma série reaparecem no membro seguinte. Isso se evidencia tanto na realização da organização própria à classe como em outras características individuais. Se lembarmos do caso da série histórica das sucessivas cópias feitas na máquina Xerox,



HEREDITARIEDADE

Entendemos por *hereditariedade* a conservação transgeracional de qualquer aspecto estrutural de uma linhagem de unidades historicamente ligadas.

veremos que, por mais que as últimas cópias se diferenciem das primeiras, certas relações do branco da página e o preto das letras permanecerão as mesmas, o que torna possível sua leitura e a constatação de que uma é cópia da outra. No momento em que a cópia se tornar difusa a ponto de não ser mais possível lê-la, a linhagem histórica terá terminado.

Da mesma forma, a hereditariedade se manifesta em cada instância reprodutiva dos sistemas como um fenômeno constitutivo da reprodução ao gerar duas unidades da mesma classe. Precisamente porque a reprodução ocorre quando existe um plano de fratura numa unidade de estrutura distribuída, haverá necessariamente uma certa permanência de configurações estruturais de uma geração a outra.

Sendo assim, como a fratura reprodutiva resulta da separação de duas unidades com a mesma organização, mas com estruturas diferentes da unidade original, a fratura conserva a organização e produz uma *variação estrutural*. O fenômeno da reprodução necessariamente implica a geração tanto de semelhanças como de diferenças estruturais entre “pais”, “filhos” e “irmãos”. Os aspectos da estrutura inicial da nova unidade que avaliamos como sendo idênticos aos da unidade original são chamados *hereditários*; os aspectos da estrutura inicial da nova unidade que avaliamos como sendo diferentes da unidade original são chamados *variação reprodutiva*. Por esse motivo, cada nova unidade necessariamente inicia sua história individual com semelhanças e diferenças estruturais em relação a suas antecessoras. Tais semelhanças e diferenças, como veremos,

A NOÇÃO DE INFORMAÇÃO GENÉTICA



É muito freqüente ouvirmos dizer que os genes constituem a "informação" que especifica um ser vivo. Isso é um erro por duas razões fundamentais. Primeiro, porque confunde o fenômeno da hereditariedade com o mecanismo de réplica de certos componentes celulares (os DNAs), de grande estabilidade transgeracional. Segundo, porque dizer que o DNA contém o

necessário para especificar um ser vivo tira esses componentes (parte da rede autopoietica) de sua inter-relação com o restante da rede. É a rede de interações em sua totalidade que constitui e especifica as características da célula, não um de seus componentes. É certo que modificações nos genes trazem consequências dramáticas para a estrutura de uma célula. O erro está em confundir participação essencial com responsabilidade única. Com o mesmo argumento, poder-se-ia dizer que a constituição política de um país determina sua história. Um evidente absurdo: a constituição política é um componente essencial da história, mas não contém a "informação" que a especifica.

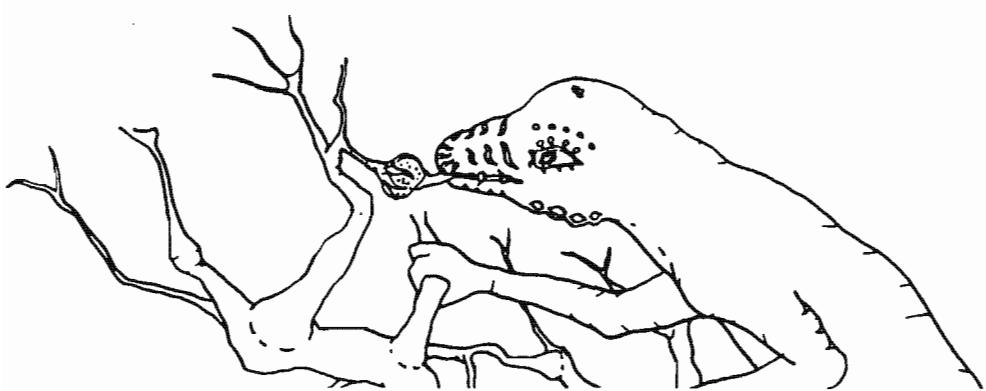
serão conservadas ou perdidas dependendo das circunstâncias das respectivas ontogenias. Por enquanto, nosso interesse é ressaltar que a hereditariedade e produção de mudanças estruturais em descendentes é um fenômeno próprio da reprodução, e não menos válido na reprodução de seres vivos.

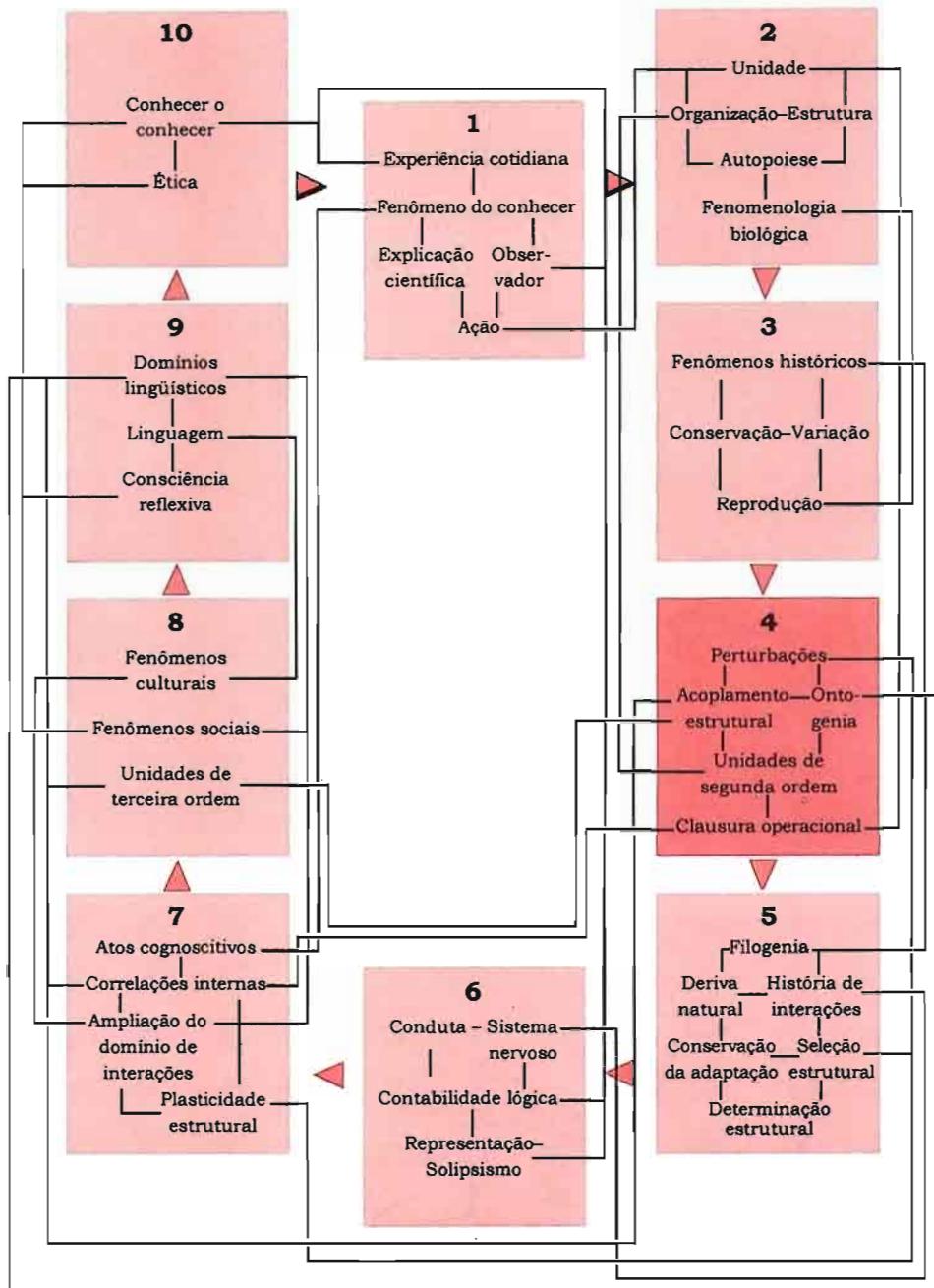
Na reprodução celular, há muitas instâncias em que é possível detectar com precisão as circunstâncias estruturais que determinam tanto a variação como a conservação das semelhanças. Assim, alguns componentes admitem poucas variações em seu modo de participar da autopoiese, mas muitas peculiaridades no modo como se realiza tal participação. Esses componentes participam de configurações estruturais fundamentais que se conservam de geração a geração (ou não haveria reprodução) com apenas ligeiras variações.



O mais conhecido desses componentes é o DNA (ácido nucléico) ou gene, cuja estrutura fundamental é replicada na reprodução com pouca variação. Como resultado, encontramos grandes invariâncias entre indivíduos de uma linhagem, ao passo que os aspectos estruturais variam continuamente e não permanecem constantes durante mais de uma ou duas gerações. Assim, por exemplo, o modo de síntese das proteínas com participação do DNA permaneceu invariável ao longo de várias linhagens, mas o tipo de proteínas sintetizadas mudou muito na história das mesmas.

O padrão de distribuição de variância ou invariância estrutural ao longo de um sistema de linhagens históricas determina os modos diferentes em que a hereditariedade é distribuída de geração a geração, e que vemos como sistemas genéticos (hereditários) distintos. O estudo moderno da genética tem-se concentrado principalmente na genética dos ácidos nucleicos. No entanto, há outros sistemas genéticos (hereditários) que apenas começamos a entender, e que têm sido ofuscados pelo brilho da genética dos ácidos nucleicos, entre eles os associados a outros compartimentos celulares, como as mitocôndrias e as membranas.



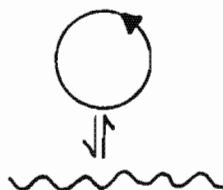


4 A VIDA DOS METACELULARES

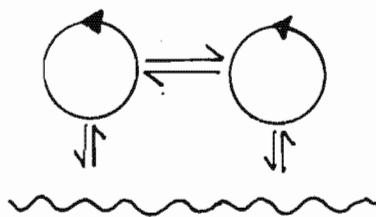


Figura 20. *Áqua*, óleo de Giuseppe Arcimboldo.

 A *ontogenia* é a história da mudança estrutural de uma unidade sem que esta perca sua organização. Essa contínua mudança estrutural ocorre na unidade a cada momento, desencadeada por interações com o meio onde se encontra ou como resultado de sua dinâmica interna. A célula classifica e vê suas contínuas interações com o meio de acordo com sua estrutura a cada instante, que por sua vez está em contínua mudança devido a sua dinâmica interna. O resultado geral é que a transformação ontogênica de uma unidade não cessa até sua desintegração. Para abreviar essa situação, quando nos referirmos a unidades autopoiéticas usaremos o seguinte diagrama:



Mas o que acontece se considerarmos a ontogenia não de uma unidade, mas de duas (ou mais) unidades vizinhas em seu ambiente de interações? Podemos resumir a situação assim:



Acoplamento estrutural

É evidente que essa situação, vista da perspectiva de qualquer uma das unidades, será simétrica. Vale dizer: para a célula da esquerda, a célula da direita é apenas uma fonte a mais de interações, indistinguíveis enquanto tais das que nós,

observadores, classificamos como provenientes do meio “inerente”. Inversamente, para a célula da direita, a célula da esquerda é uma fonte a mais de interações, do ponto de vista de sua própria estrutura.

Isso significa que duas (ou mais) unidades autopoieticas podem ter suas ontogenias acopladas quando suas interações adquirem um caráter *recorrente* ou muito estável. É preciso entender isso bem. Toda ontogenia ocorre dentro de um meio que nós, como observadores, podemos descrever como tendo uma estrutura particular, tal como radiação, velocidade, densidade etc. Como também descrevemos a unidade autopoética como tendo uma estrutura particular, fica evidente que as interações (desde que sejam recorrentes) entre unidade e meio consistirão em perturbações recíprocas. Nessas interações, a estrutura do meio apenas desencadeia as mudanças estruturais das unidades autopoieticas (não as determina nem informa), e vice-versa para o meio. O resultado será uma história de mudanças estruturais mútuas, desde que a unidade autopoética e o meio não se desintegrem. Haverá um *acoplamento estrutural*.

Dentre todas as interações possíveis, encontramos algumas que são particularmente recorrentes ou repetitivas. Por exemplo, se examinarmos a membrana de uma célula, notaremos que através dela se dá um constante transporte ativo de certos íons (tais como o sódio e o cálcio), de forma que, na presença desses íons, a célula reage incorporando-os a sua rede metabólica. Esse transporte iônico ativo ocorre muito regularmente, e nós, como observadores, podemos dizer que o acoplamento estrutural das células ao meio permite suas interações recorrentes com os íons que o meio contém. O acoplamento estrutural celular requer que tais interações ocorram somente com certos íons, pois, se forem introduzidos no meio outros íons (césio ou lítio, por exemplo), as mudanças estruturais que estes desencadeariam na célula interromperiam a autopoiese.

Mas, por que a autopoiese se realiza em cada tipo celular com a participação de apenas um certo tipo de interações regulares e recorrentes, e não de outras? Essa pergunta só en-

contra resposta na filogenia, ou história da estirpe celular correspondente. Ou seja: o tipo de acoplamento estrutural atual de cada célula é o estado presente da história de transformações estruturais da filogenia a que pertence — quer dizer, é um momento na deriva natural dessa linhagem, resultante da continua conservação do acoplamento estrutural de cada célula ao meio em que se realiza. Assim, no caso do exemplo acima, no presente dessa deriva natural celular as membranas operam transportando íons de sódio e cálcio, e não outros.

O acoplamento estrutural ao meio como condição de existência abrange todas as dimensões de interações celulares e, portanto, também as que incluem outras células. As células de sistemas multicelulares normalmente existem somente estando estreitamente agregadas a outras células como meio de realização de sua autopoiése. Tais sistemas são resultado da deriva natural de linhagens em que essa estreita agregação se conservou.

Um grupo de animais unicelulares, os mixomicetos, é uma excelente fonte de exemplos que revelam claramente esse processo. Quando germina, um esporo de *Physarum* dá origem a uma célula (Figura 21). Se o ambiente for úmido, a ontogenia dessa célula resultará no crescimento de um flagelo e na capacidade de movimento. Se o ambiente for seco, a ontogenia produzirá células do tipo amebóide. O acoplamento estrutural entre essas células faz com que se agreguem de modo tão estreito que provoca uma fusão, com a formação de um plasmódio que, por sua vez, leva à formação de um corpo frutífero macroscópico que produz esporos. (Observe, no desenho, que a parte superior corresponde a um aumento muito maior em relação à inferior).

Nesses eucariontes filogeneticamente primitivos, o agregamento celular estreito culmina na constituição de uma nova unidade, com a formação do corpo frutífero resultante da fusão celular. Esse corpo frutífero, na verdade, constitui uma unidade metacelular, cuja existência é historicamente complementada pelas células que lhe dão origem na realização do ciclo vital da unidade orgânica a qual pertence (e que é definida por esse ciclo vital). É preciso prestar atenção nesse ponto: a

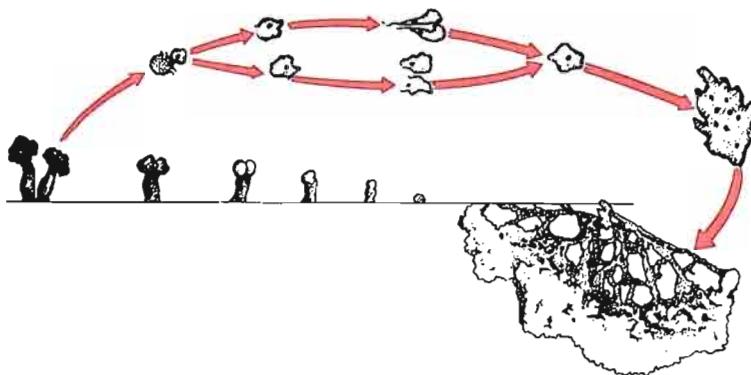


Figura 21. Ciclo de vida de *Physarum*, com formação de plasmódio por fusão celular.

formação de unidades metacelulares capazes de dar origem a linhagens como resultado de sua reprodução em nível celular gera uma fenomenologia distinta da fenomenologia das células que as integram. Essa *unidade de segunda ordem*, ou metacelular, terá um acoplamento estrutural e uma ontogenia adequada a sua estrutura como unidade composta. Em particular, sistemas metacelulares como o descrito acima terão uma ontogenia macroscópica, e não microscópica como a de suas células.

Um exemplo mais complexo é o de outro mixomiceto, o *Dycomyctelium* (Figura 22). Nesse grupo, quando o ambiente possui certas características especiais, indivíduos amebóides são capazes de agregar-se para formar um corpo frutífero semelhante ao do exemplo anterior, mas sem fusão celular. No entanto, aqui também encontramos, na unidade de segunda ordem, uma clara diversificação dos tipos celulares: as células da extremidade são capazes de gerar esporos, enquanto as da base não o são. Estas se enchem de vacúolos e paredes, que



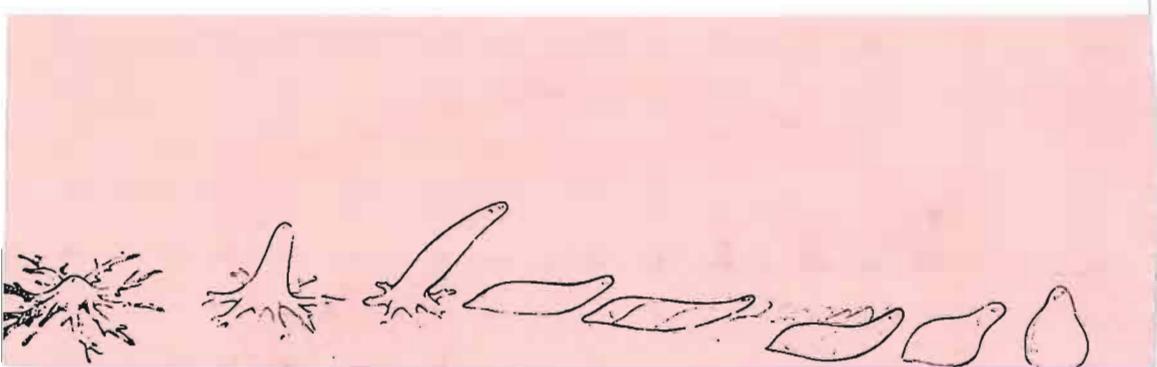
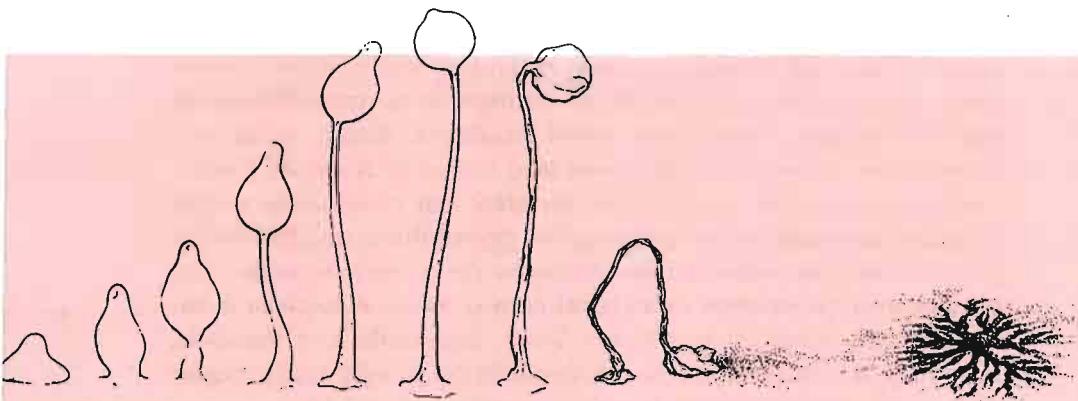


Figura 22. Ciclo de vida de *Dycostelium* (fungo de limo), com corpo frutífero formado por agrupamento das células formadas a partir da reprodução de uma célula-esporo fundadora.

fornecem um suporte mecânico a todo o sistema metacelular. No dinamismo desse estreito agregamento celular como parte de um ciclo de vida, as mudanças estruturais sofridas por cada célula em sua história de interações com outras células são necessariamente complementares entre si e limitadas por sua participação na constituição da unidade metacelular que integram. Por esse motivo, as mudanças estruturais ontogênicas de cada célula são necessariamente distintas, dependendo de como participam na constituição da unidade com suas interações e relações de vizinhança.

Ciclos de vida

É bom insistir: o agregamento estreito entre células descendentes de uma única célula, resultando numa unidade metacelular, é uma condição totalmente consistente com a auto-poiiese contínua das células. Mas certamente não é biologicamente imprescindível, já que muitos seres vivos permaneceram como organismos unicelulares durante sua filogenia. Nas linhagens em que ocorre agregamento celular, resultando num sistema metacelular, as consequências para as respectivas histórias de transformações estruturais são profundas. Vejamos essa situação mais de perto.



É evidente que a ontogenia de um sistema metacelular será determinada pelo domínio de interações que esse sistema especifica como unidade total, e não pelas interações individuais de suas células componentes. Em outras palavras, a vida de um indivíduo multicelular como unidade passa pela operação de seus componentes, mas não está determinada pelas propriedades destes. No entanto, cada um desses indivíduos pluricelulares resulta da divisão e segregação de uma linhagem de células, que se originam no momento da fecundação de uma só célula, ou zigoto, produzida por alguns órgãos ou partes do organismo multicelular. Se não houver geração de novos indivíduos, não haverá continuidade da linhagem. E, para que haja novos indivíduos, o começo precisa se dar a partir de uma célula. É simplesmente assim: a lógica da constituição de cada organismo metacelular exige que este seja parte de um ciclo, no qual existe uma etapa unicelular necessária.

Mas é durante a fase unicelular de um organismo multicelular, durante a reprodução, que ocorrem as variações geracionais. Logo, não há diferença no modo com que as linhagens são estabelecidas em organismos multicelulares e unicelulares. Em outras palavras, o ciclo de vida de um organismo metacelular constitui uma unidade cuja ontogenia ocorre em sua transformação de unicelular em multicelular, mas em que a reprodução e as variações reprodutivas ocorrem durante a etapa unicelular.

Todos os seres vivos multicelulares conhecidos são variações elaboradas do mesmo tema: a organização celular e a

constituição da filogenia. Cada indivíduo multicelular representa um momento elaborado na ontogenia de uma linhagem, cujas variações continuam sendo celulares. Nesse sentido, o surgimento da multicelularidade não introduz nada de fundamentalmente novo. A novidade consiste em possibilitar várias classes distintas de indivíduos, ao possibilitar muitas linhagens diferentes como modos distintos de conservação do acoplamento ontogenético estrutural com o meio. A riqueza e variedade dos seres vivos sobre a Terra, incluindo nós mesmos, devem-se ao surgimento dessa variante ou desvio multicelular dentro das linhagens celulares que continuam até hoje.

Notemos, contudo, que a reprodução sexuada dos organismos multicelulares não constitui uma exceção à caracterização fundamental da reprodução que vimos no capítulo anterior. Com efeito, a reprodução sexuada requer que uma das células do organismo multicelular (como o esperma) assuma uma dinâmica operacional independente e se funda a outra célula de outro organismo da mesma classe para formar o zigoto — ou seja, a fase unicelular desse ser vivo. Há alguns organismos multicelulares que além disso (ou exclusivamente) se reproduzem por fratura simples. Quando isso ocorre, a unidade de variação na linhagem não é constituída por uma célula, mas por um organismo.

A reprodução sexual tem como resultado uma rica recombinação estrutural. Isso permite, por um lado, o entrecruzamento de linhagens reprodutivas, e por outro um aumento muito grande nas variações estruturais possíveis em cada instância reprodutiva. Assim, a genética e a hereditariedade se enriquecem com os efeitos combinatórios das alternativas estruturais de um grupo de seres vivos. Esse efeito de aumento da variabilidade, que por sua vez torna possível a deriva filogenética (como veremos no próximo capítulo), explica como a sexualidade é praticamente universal entre os seres vivos por facilitar a multiplicação das linhagens.

Tempo de transformações

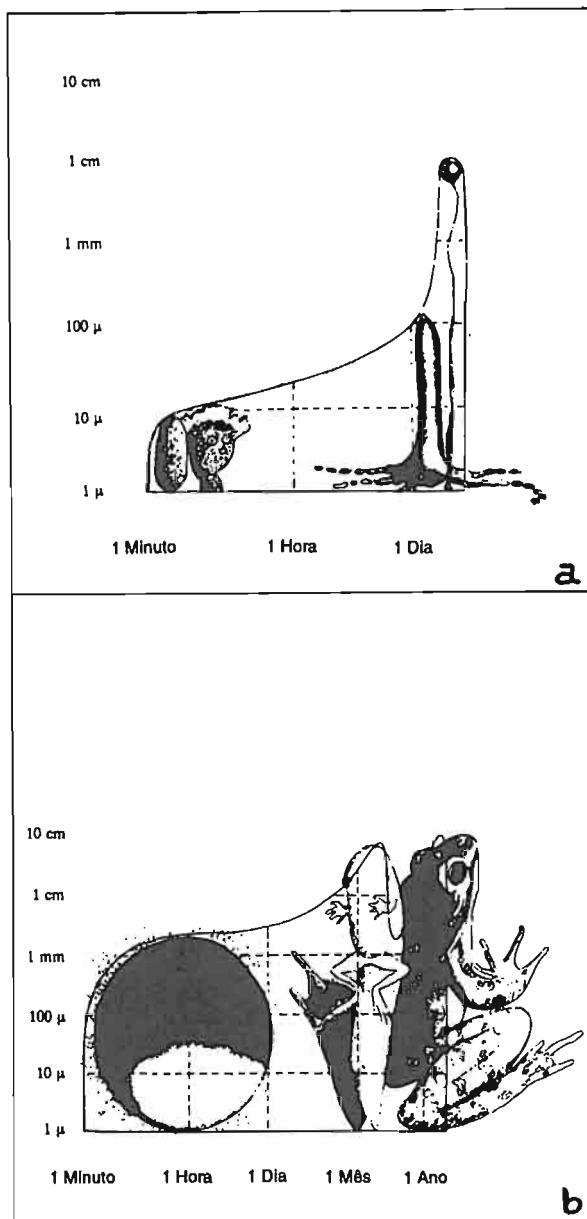
Uma maneira elegante de considerar os fenômenos metacelulares e seus ciclos de vida é comparar o tempo que esses

organismos demoram para cumprir um ciclo completo de vida com seu tamanho. A Figura 23(a), por exemplo, ilustra o mesmo ciclo que discutimos antes, o de um mixomiceto. Um eixo representa o tempo que cada estágio demora para se completar; o outro eixo, o tamanho alcançado. Assim, leva por volta de um dia para que um corpo frutífero de 1 cm se forme. O esporo, que mede cerca de 10 milionésimos de metro, se forma depois de aproximadamente um minuto.

A Figura 23(b) ilustra a mesma situação, mas no caso da rã. O zigoto, que dá origem ao adulto, se forma em cerca de um minuto, ao passo que o adulto leva quase um ano para crescer vários centímetros. O mesmo vale para a maior árvore do mundo, a sequóia — ela alcança uma altura de 100 metros ao longo de um período de formação de mil anos (Figura 22(c)), bem como para o maior animal do mundo, a baleia azul, que chega a medir 40 metros em dez anos (Figura 22(d)).

Independentemente do tamanho e aspecto externo, em todos esses casos as etapas são sempre as mesmas: a partir de uma célula inicial, o processo de divisão e diferenciação celular gera um indivíduo de segunda ordem por meio de um acoplamento entre as células resultantes dessas divisões. O indivíduo assim formado possui uma ontogenia de extensão variada que leva à etapa reprodutiva seguinte, com a formação de um novo zigoto. Portanto, o ciclo geracional é uma unidade fundamental que se transforma no tempo. Um modo de tornar isso evidente é relacionar num gráfico o tempo de reprodução com o tamanho do organismo (Figura 24). Uma bactéria que não esteja acoplada a outras tem uma reprodução muito rápida e, portanto, seu ritmo de transformações também é rápido. Um efeito necessário da formação de indivíduos de segunda ordem por agregamento celular é a necessidade de tempo para o crescimento e diferenciação celular. Sendo assim, a freqüência de gerações será muito menor.

O gráfico torna claro que há uma enorme semelhança entre os metacelulares, assim como a existente entre as célu-



Figuras 23 e 23a. Exemplos das relações entre tamanho alcançado e tempo necessário para alcancá-lo nas diferentes etapas dos ciclos de vida de quatro organismos.

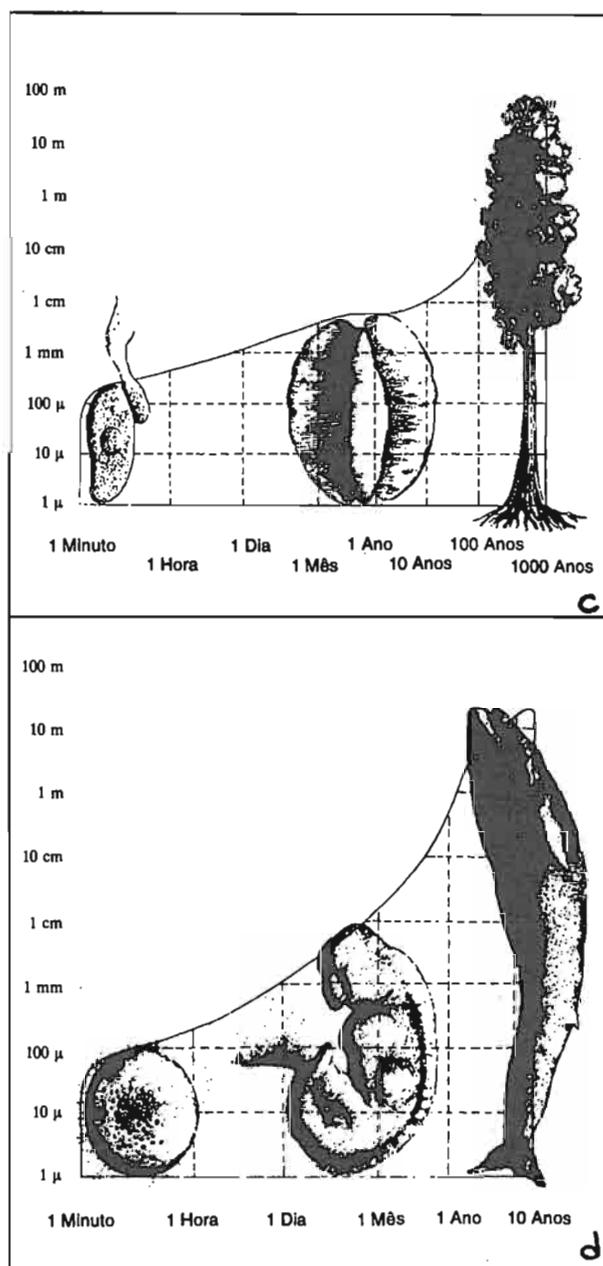


Figura 23a.

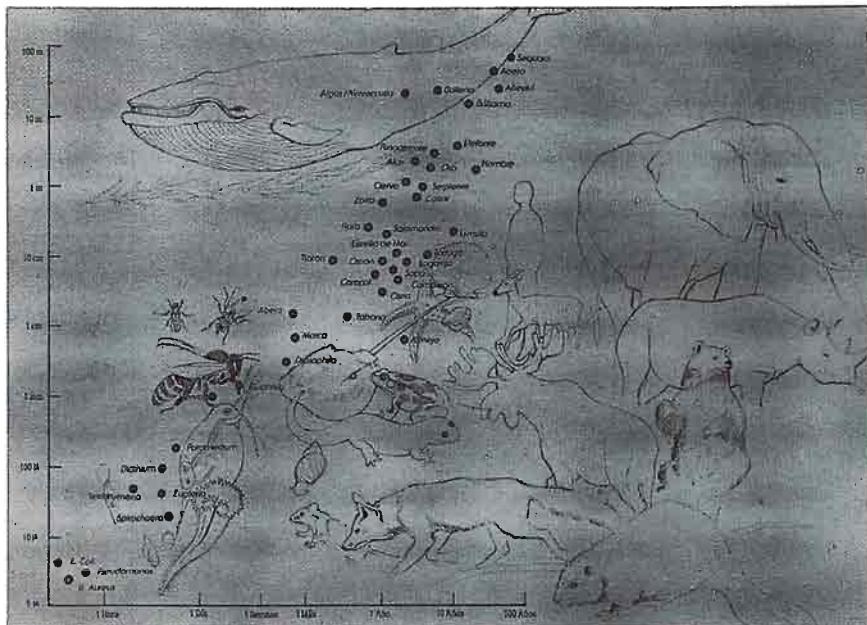


Figura 24. Tempo de transformações em uni e metacelulares:
 Sequoia - Sequóia; Abeto - Abeto; Abedul - Bétula; Bálsmo - Bálsmo; Rinoceronte - Rinoceronte; Elefante - Elefante; Alce - Alce; Oso - Urso; Hombre - Homem; Ciervo - Cervo; Serpiente - Serpente; Algas (Nereocystis) - Algas (Nereocystis); Baleoa - Baleia; Castor - Castor; Zorro - Raposa; Rata - Ratazana; Salamandra - Salamandra; Estrela de mar - Estrela-do-mar; Ratón - Rato; Ostión - Ostra maior; Caracol - Caracol; Limulo - Límulo; Tortuga - Tartaruga; Lagartija - Lagartixa; Sapo - Sapo; Camaleón - Camaleão; Ostra - Ostra; Tábana - Tavão; Abeja - Abelha; Mosca - Mosca; Almeja - Amêijoia; Drosophila - Drosophila; Daphnia - Daphnia; Stentor - Stentor; Paramecium - Paramecium; Didinium - Didinium; Tetrahymena - Tetrahymena; Euglena - Euglena; Spirochaeta - Spirochaeta; E. coli - E. Coli; Pseudomonas - Pseudómonas e B. Aureus - B. Aureus.

METACELULARIDADE E SISTEMA NERVOSO

Sustentamos neste livro que não é possível entender *como* opera o sistema nervoso e, consequentemente, a biologia do conhecer, sem entender *onde* opera o sistema nervoso. A diferenciação celular própria dos metacelulares, com ou sem sistema nervoso, segue uma lógica comum da qual o tecido do sistema nervoso não escapa. Na baleia-azul há bilhões de células bastante distintas, mas todas elas inseridas numa legalidade de acoplamento recíproco que torna possível a unidade de segunda ordem que é a baleia-azul. De modo semelhante, o sistema nervoso contém milhões de células,

mas todas são parte do organismo a cuja legalidade devem se ajustar. Perder de vista tais raízes orgânicas do sistema nervoso é uma das maiores fontes de confusão quanto ao seu operar efetivo. Isso será o tema de um dos próximos capítulos.



As. Apesar da assombrosa diversidade aparente, todos se reproduzem a partir de uma etapa unicelular, o que é a característica central de sua identidade como sistemas biológicos. Esse elemento comum na organização de todos os organismos não interfere com a riqueza da diversidade entre eles, já que esta se deve a variações em nível estrutural. Por outro lado, vemos que toda essa variação se dá em torno de um tipo fundamental, mas criando modos diferentes de dimensionar universos de interação por meio de unidades distintas com a mesma organização. Ou seja, toda variação ontogênica resulta em modos diferentes de ser no mundo em que vivemos, porque é a estrutura da unidade que determina sua interação no ambiente e o mundo que configura.

A organização dos metacelulares

Quando falamos de metacelulares, referimo-nos a toda unidade em cuja estrutura podemos distinguir agregados celu-

lares em acoplamentos estreitos. A metacelularidade está presente em todos os reinos, ou grandes divisões dos seres vivos (procariontes, eucariontes, animais, plantas e fungos), sendo uma possibilidade estrutural desde o início da história dos seres vivos.

Mas o que é comum a todos os metacelulares nos cinco reinos é que eles incluem células como componentes de sua estrutura. Por esse motivo, dizemos que os metacelulares são sistemas autopoieticos de segunda ordem. Cabe então a pergunta: qual é a organização dos metacelulares? Já que as células componentes podem se relacionar de muitas maneiras diferentes, é evidente que os metacelulares admitem tipos diferentes de organização, tais como organismos, colônias e sociedades. Mas seriam alguns metacelulares unidades autopoieticas? Ou seja, os sistemas autopoieticos de segunda ordem são também sistemas autopoieticos de primeira ordem? O corpo frutífero de um mixomiceto é uma unidade autopoietica? E a baileia?

Não são perguntas fáceis. Apesar de conhecermos com detalhes como uma célula se torna uma unidade autopoietica molecular, não sabemos como descrever os componentes e relações de um organismo que o tornam um sistema autopoietico molecular. No caso dos metacelulares, nosso conhecimento dos processos moleculares que os constituiriam como unidades autopoieticas comparáveis às células é muito menos preciso.

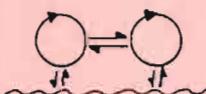
Para os propósitos deste livro, deixaremos aberta a questão quanto a se os metacelulares são ou não sistemas autopoieticos de primeira ordem. Mas podemos dizer que possuem *clausura operacional* em sua organização: sua identidade está especificada por uma rede de processos dinâmicos cujos efeitos não saem dessa rede. Mas, quanto à forma explícita de tal organização, não diremos mais nada, o que não constitui uma limitação para nossos propósitos atuais. Como já dissemos, seja qual for sua organização, os metacelulares são com-



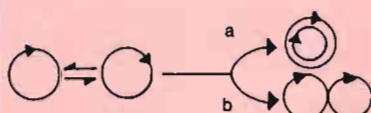
L. Margulis, *Five kingdoms*, Freeman, San Francisco, 1982.

SIMBIOSE E METACELULARIDADE

Tudo o que foi dito neste capítulo pode ser resumido com o seguinte diagrama de duas unidades autopoieticas que estabelecem relações recorrentes:



Tais recorrências podem derivar, em princípio, em duas direções:



Uma direção (a) conduz à imbricação das fronteiras das duas unidades, situação que correntemente se conhece por simbiose. A simbiose parece ter sido muito importante na transição dos sistemas auto-

poiéticos sem compartimentos internos, ou procariontes, para células compartmentalizadas, ou eucariontes (ver Figura 14). Com efeito, todas as organelas de uma célula (as mitocôndrias, cloroplastos e seu núcleo, por exemplo) parecem ter sido ancestralmente procariontes de vida livre.

Mas é a outra alternativa (b) que nos interessa mais neste capítulo: a recorrência de acoplamentos em que as células participantes conservam seus limites individuais, ao mesmo tempo em que estabelecem, por esse acoplamento, uma nova coerência especial que distinguimos como uma unidade metacelular e que vemos como sua forma.

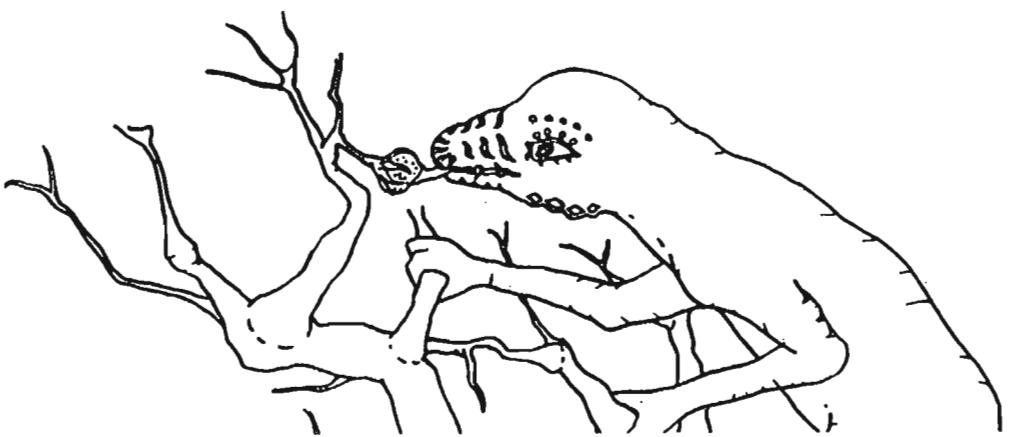


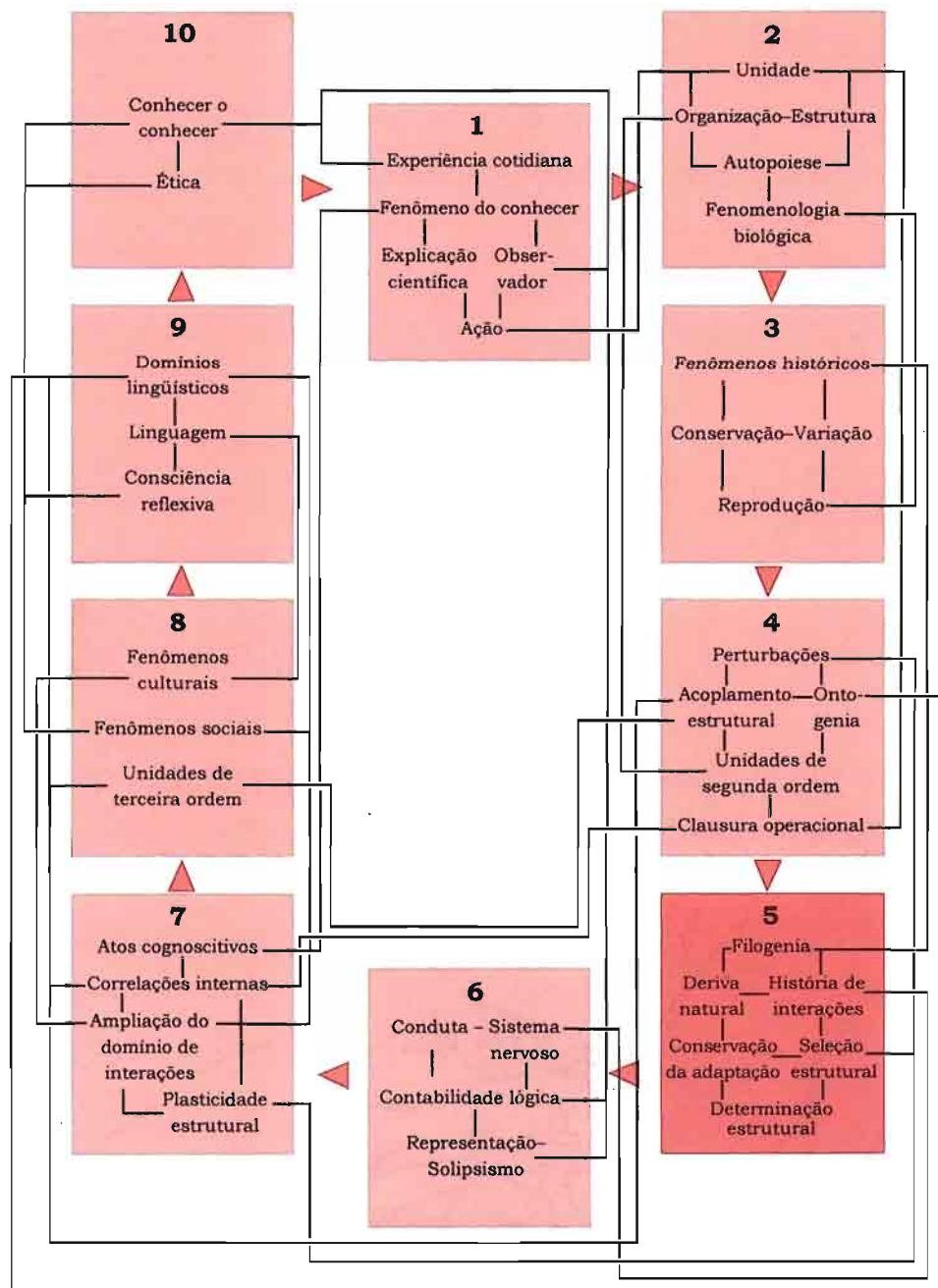
postos de sistemas autopoieticos de primeira ordem e formam linhagens por meio da reprodução em nível celular. Essas duas condições bastam para garantirmos que tudo lhes ocorre, como unidades autônomas, de modo a conservar a autopoiese



L. Margulis, *Symbiosis in cell evolution*, Freeman, San Francisco, 1980.

das células componentes e sua própria organização. Consequentemente, o que diremos a seguir se aplica tanto aos sistemas autopoiéticos de primeira como aos de segunda ordem, e não faremos distinção entre eles, a menos que seja estritamente necessário.





5 A DERIVA NATURAL DOS SERES VIVOS

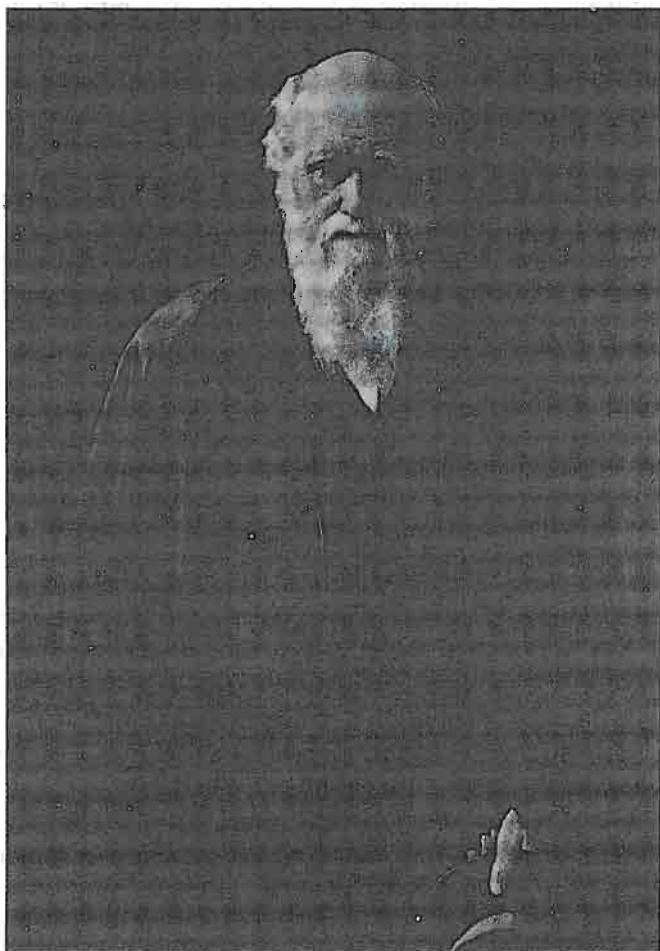


Figura 25. Charles Darwin.

Nos capítulos anteriores, demos uma noção dos três aspectos fundamentais dos seres vivos. Em primeiro lugar, vimos como eles se constituem enquanto unidades, e como sua identidade é definida pela organização autopoética que lhes é própria. Em segundo lugar, explicamos de que modo essa identidade autopoética pode adquirir a capacidade da reprodução seqüencial, e assim gerar uma rede histórica de linhagens. Por último, vimos de que modo os organismos celulares, como nós mesmos, nascem a partir do acoplamento de células descendentes de uma célula única, e como todos os organismos metacelulares, intercalados em ciclos geracionais que sempre partem do estado unicelular, não passam de variações sobre o mesmo tema.

Tudo isso resulta em ontogenias de seres vivos capazes de reprodução e em filogenias de diferentes linhagens reprodutivas, que se entrelaçam numa gigantesca e extremamente variada rede histórica. Isso é patente no mundo orgânico que nos cerca, feito de plantas, animais, fungos e bactérias, bem como nas diferenças que observamos entre nós como seres humanos e entre outros seres vivos. Essa grande rede de transformações históricas dos seres vivos é a trama de sua existência como seres históricos. Neste capítulo, retomaremos vários temas que surgiram nos capítulos anteriores com o fim de entendermos a *evolução orgânica* de modo global e geral, pois sem uma compreensão adequada dos mecanismos históricos de transformação estrutural é impossível entender o fenômeno da cognição.

Na verdade, a chave para entender a origem da evolução consiste em algo que já notamos nos capítulos anteriores: a associação inerente entre diferenças e semelhanças em cada etapa reprodutiva, a conservação da organização e a mudança estrutural. Se a existência de semelhanças cria a possibilidade de uma série histórica ou linhagem ininterrupta, a existência de diferenças estruturais cria a possibilidade de variações históricas nas linhagens. Mas, sendo mais precisos, por que certas linhagens, e não outras, se produzem ou se estabelecem? Por que, quando olhamos ao redor, os peixes nos parecem tão naturalmente aquáticos, e os cavalos tão adaptados aos campos? Para responder a essas perguntas, precisamos examinar

de modo mais atento e explícito como ocorrem as interações entre os seres vivos e seu meio.

Determinação e acoplamento estrutural

A história das mudanças estruturais de um determinado ser vivo é sua ontogenia. Nessa história, todos os seres vivos começam com uma estrutura inicial que condiciona o curso de suas interações e delimita as mudanças estruturais que tais interações desencadeiam. Ao mesmo tempo, eles nascem num determinado lugar, num meio que constitui o entorno em que se realizam e interagem, e que consideramos também ser dotado de uma dinâmica estrutural própria, *operacionalmente distinta* do ser vivo. Esse ponto é crucial. Como observadores, destacamos o ser vivo enquanto unidade do seu pano de fundo e o caracterizamos como dotado de uma determinada organização. Dessa forma, distinguimos duas estruturas que serão consideradas operacionalmente independentes uma da outra: o ser vivo e o meio. Entre elas há uma congruência estrutural necessária (ou a unidade desapareceria). Em tal congruência estrutural, uma perturbação do ambiente não determina o que acontecerá ao ser vivo, pois é a estrutura deste que define que mudanças ocorrerão como resposta. Portanto, não se trata de uma interação instrutiva, já que não determina quais serão seus efeitos. Por isso, usamos a expressão “desencadear” um efeito. Desse modo nos referimos ao fato de que as mudanças que resultam da interação entre o ser vivo e seu meio são desencadeadas pelo agente perturbador, mas *determinadas pela estrutura do sistema perturbado*. O mesmo vale para o meio: o ser vivo é uma fonte de perturbações, e não de instruções.

Talvez o leitor esteja pensando que tudo isso é complicado demais e próprio apenas dos seres vivos. Mas, assim como no caso da reprodução, trata-se de um fenômeno absolutamente comum e cotidiano. Não vê-lo em toda a sua clareza é que gera complicações. Portanto, vamos nos demorar mais um pouco no exame do que ocorre toda vez que distinguimos uma unidade do meio no qual ela interage.

A chave para a compreensão disso tudo é, de fato, muito simples: como cientistas, só podemos tratar com unidades *determinadas estruturalmente*. Ou seja, só podemos tratar com sistemas cujas mudanças são determinadas por sua estrutura, seja qual for. Essas mudanças estruturais ocorrem como resultado de sua própria dinâmica ou são desencadeadas por suas interações.

De fato, agimos em nosso dia-a-dia como se todas as coisas fossem unidades determinadas estruturalmente. O automóvel, o gravador, a máquina de costura e o computador são sistemas que tratamos como se tivessem determinação estrutural. Caso contrário, como explicar que tentemos modificar a estrutura da unidade quando esta apresenta um defeito? Se o carro não sai do lugar quando apertamos o acelerador, jamais pensamos que a falha seja do pé que exerce a pressão. Supomos que o problema esteja na comunicação entre o acelerador e o sistema de injeção: ou seja, na estrutura do automóvel. É por isso que os defeitos nas máquinas construídas pelo homem revelam mais sobre a operação efetiva destas do que as descrições que fazemos quando funcionam bem. Na ausência de defeitos, abreviamos nossa descrição dizendo, por exemplo, que demos "instruções" ao computador para que nos forneça o extrato de nossa conta corrente.

Essa atitude cotidiana (que apenas se torna mais sistemática e explícita na ciência, com a aplicação rigorosa do critério de validação das afirmações científicas) é adequada não apenas aos sistemas artificiais, mas também aos seres vivos e aos sistemas sociais. Não fosse assim, nunca procuraríamos um médico quando ficamos doentes nem mudariam o gerente de uma companhia quando seu desempenho frustra as expectativas. Podemos optar por não explicar muitos fenômenos de nossa experiência humana, mas se decidirmos propor uma explicação científica, deveremos considerar as unidades estudadas como sendo estruturalmente determinadas.

Isso se torna explícito ao distinguirmos quatro domínios (ou classes) especificados pela estrutura de uma unidade:

- a) Domínio de mudanças de estado: todas as mudanças estruturais que uma unidade pode sofrer sem que sua organização se modifique: ou seja, mantendo sua identidade de classe.
- b) Domínio de mudanças destrutivas: todas as mudanças estruturais que causam a perda da organização da unidade, que portanto desaparece como unidade de uma certa classe.
- c) Domínio de perturbações: todas as interações que desencadeiam mudanças de estado.
- d) Domínio de interações destrutivas: todas as interações que resultam numa mudança destrutiva.

Assim, temos razão em supor que balas de chumbo disparadas à queima-roupa desencadearão na vítima mudanças destrutivas, especificadas pela estrutura dos seres humanos. Mas, como é bem sabido, essas mesmas balas são meras perturbações para a estrutura de um vampiro, que precisa de estacas de madeira no coração para sofrer uma mudança destrutiva. Ou, então, é evidente que uma colisão grave contra um poste é uma interação destrutiva para uma motocicleta, enquanto não passa de perturbação para um tanque (Figura 26).

Notemos que, estando a estrutura de um sistema dinâmico estruturalmente determinado em contínua mudança, seus domínios estruturais também sofrerão variações, embora sempre especificadas a cada momento pela sua estrutura presente. Essa contínua mudança de domínios estruturais é um traço próprio da ontogenia de cada unidade dinâmica, seja um toca-fitas ou um leopardo.

Desde que uma unidade não entre numa interação destrutiva com seu meio, nós, como observadores, necessariamente veremos entre a estrutura do meio e a da unidade uma compatibilidade ou comensurabilidade. Existindo tal compatibilidade, meio e unidade atuam como fontes mútuas de perturbações e desencadeiam mudanças mútuas de estado, num processo contínuo que designamos com o nome de *acoplamento estrutural*. Por exemplo, na história do acoplamento estrutural entre as linhagens dos automóveis e as cidades, ocorrem mudanças dramáticas em ambas as partes, como expressão da di-

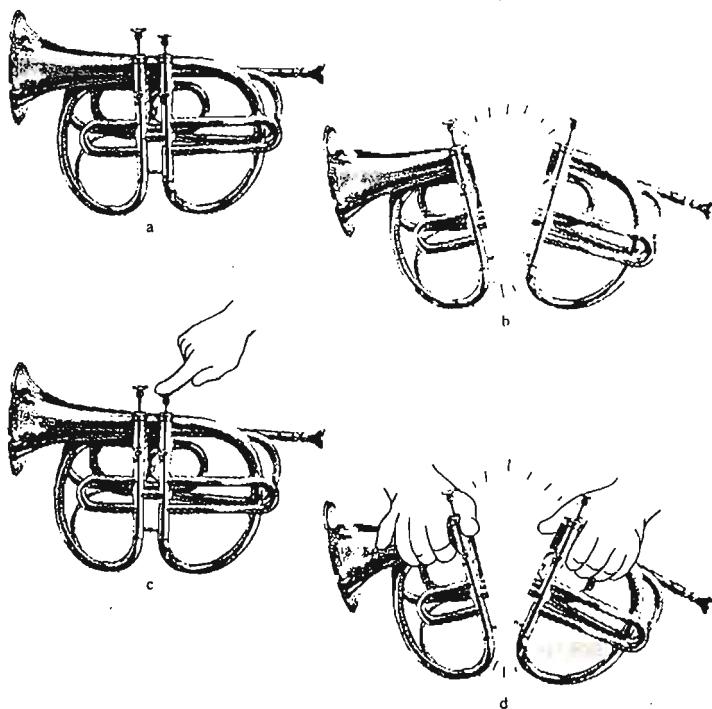


Figura 26. O trompete, como toda unidade, tem quatro domínios: a) de mudanças de estado; b) de mudanças destrutivas; c) de perturbações; d) de interações destrutivas.

nâmica estrutural de cada linhagem ao passar por interações seletivas com a outra.

Ontogenia e seleção

Tudo o que foi dito acima vale para qualquer sistema, inclusive para os seres vivos. Estes não são os únicos em termos de determinação e acoplamento estrutural. Próprio deles é que a determinação e o acoplamento estrutural se realizam na

CURVA PERIGOSA: A SELEÇÃO NATURAL

A palavra “seleção” é traíçoeira neste contexto, e é preciso cuidado para não deslizarmos, sem nos dar conta, para uma série de conotações pertencentes a outros domínios e não ao do fenômeno de que nos ocupamos. Com efeito, freqüentemente pensamos o processo de seleção como o ato de escolher voluntariamente entre muitas alternativas. É fácil ceder à tentação de pensar que algo semelhante ocorre aqui: o meio, através de suas perturbações, “escolheria” quais das muitas mudanças possíveis ocorrerão. Isso é o inverso do que efetivamente ocorre, e contradiz o fato de que estamos tratando com sistemas determinados estruturalmente. Interações não podem especificar mudanças estruturais, pois estas são determinadas pelo estado anterior da unidade em questão, e não pela estrutura do agente perturbador, como discutimos na seção anterior. Falamos de seleção aqui no sentido de que o observador pode notar que, dentre as muitas mudanças que vê como possíveis, cada perturbação desencadeou (“escolheu”) uma, e não outra do conjunto. Tal descrição não é totalmente adequada, já que em cada ontogenia só ocorre uma série de interações e se desencadeia somente uma série de mudanças estruturais. O conjunto das mudanças que o observador vê como possíveis só existe em sua mente,

ainda que sejam possíveis para histórias diferentes. Nessas circunstâncias, a palavra “seleção” sintetiza o entendimento que o observador tem do que ocorre em cada ontogenia, ainda que tal entendimento seja fruto da comparação de suas observações de muitas ontogenias.

Há outras explicações possíveis para esse fenômeno. No entanto, a razão para a tratarmos como uma seleção de caminhos de mudança estrutural é que a palavra já se tornou indissociável da história da biologia desde que Darwin a utilizou. Em *Origem das espécies*, Darwin apontou pela primeira vez a relação entre variação geracional e acoplamento estrutural, observando que era “como se” houvesse uma seleção natural, comparável, por seu efeito separador, à seleção artificial que um fazendeiro faz das variedades que o interessam. O próprio Darwin foi muito claro ao afirmar que nunca tencionou dar à palavra outro uso que não o de uma metáfora conveniente. Mas, pouco depois, com a divulgação da teoria da evolução, a idéia de “seleção natural” passou a ser interpretada como fonte de interações instrutivas do meio. A esta altura da história da biologia, mudar sua nomenclatura seria impossível, sendo melhor usá-la com bom entendimento. A biologia também tem sua ontogenia!

conservação contínua da autopoiese que os define — seja esta de primeira ou de segunda ordem —, estando tudo o mais subordinado a essa conservação. Assim, a autopoiese das células que compõem um sistema metacelular está subordinada à autopoiese desse sistema autopoético de segunda ordem. Portanto, toda mudança estrutural de um ser vivo está necessariamente limitada pela conservação de sua autopoiese. As interações que desencadeiem mudanças estruturais compatíveis com tal conservação são perturbações, e as que não fizerem isso são interações destrutivas. A mudança estrutural contínua dos seres vivos com a conservação de sua autopoiese ocorre a cada instante, continuamente e de várias maneiras ao mesmo tempo. É o pulsar de tudo o que vive.

Mas notemos algo interessante: quando, como observadores, falamos do que ocorre a um organismo em determinada interação, ficamos numa situação peculiar. Por um lado, temos acesso à estrutura do meio e, por outro, à estrutura do organismo. Podemos considerar as várias maneiras com que ambas poderiam ter mudado ao se encontrarem, caso as interações tivessem sido diferentes das que efetivamente ocorreram. Por exemplo, podemos imaginar como seria o mundo se Cleópatra tivesse nascido feia. Ou, num exemplo mais sério, como seria esse menino que nos pede esmola caso tivesse recebido alimentação adequada quando bebê. Dessa perspectiva, as mudanças estruturais que efetivamente ocorrem numa unidade parecem “selecionadas” pelo meio através de um jogo contínuo de interações. Assim, o meio pode ser visto como um “selecionador” contínuo das mudanças estruturais que o organismo sofre em sua ontogenia.

Estritamente falando, com o meio ocorre exatamente o mesmo. Em sua história, são as interações com os seres vivos que atuam como seletores de sua mudança estrutural. Por exemplo, o fato de ter sido o oxigênio, dentre todos os gases possíveis, aquele que as células dissiparam durante os primeiros milhões de anos após a origem dos seres vivos, teria determinado mudanças fundamentais na atmosfera terrestre, de modo que hoje, como resultado dessa história, esse gás existe numa porcentagem significativa. Por sua vez, a presença de oxi-

gênio na atmosfera teria selecionado variações estruturais em muitas linhagens de seres vivos que, ao longo de sua filogenia, levaram à estabilização de formas que funcionam como seres respiradores de oxigênio. O acoplamento estrutural é sempre mútuo: tanto os organismos como o meio sofrem transformações.

O acoplamento estrutural entre o organismo e o meio ocorre entre sistemas operacionalmente independentes. A manutenção dos organismos como sistemas dinâmicos em seu meio depende de uma compatibilidade entre os organismos com o meio, o que chamamos de *adaptação*. Se, por outro lado, as interações do ser vivo com seu meio se tornam destrutivas, desintegrando-o ao interromper sua autopoiese, consideramos que o ser vivo perdeu sua adaptação. A adaptação, portanto, é uma consequência necessária do acoplamento estrutural da unidade com o meio, e portanto não deveria surpreender. Em outras palavras, a ontogenia de um indivíduo é uma deriva de mudanças estruturais com *conservação de organização e adaptação*.

É bom repetir: a conservação da autopoiese e a conservação da adaptação são condições necessárias à existência dos seres vivos. A mudança estrutural ontogênica de um ser vivo no seu meio será sempre uma deriva estrutural congruente entre o ser vivo e o meio. Ao observador, essa deriva parecerá “selecionada” pelo meio ao longo da história de interações do ser vivo, enquanto estiver vivo.

Filogenia e evolução

Neste ponto já dispomos de todos os elementos para entender, em seu conjunto, a grande série de transformações dos seres vivos durante sua história, e para responder às perguntas com que abrimos o capítulo. O leitor atento deve ter notado que, para nos aprofundarmos nesse fenômeno, o que fizemos foi examinar sob um microscópio conceitual o que ocorre na história das interações individuais. Ao entender como isso acontece em *cada caso*, e sabendo que haverá varia-

ções em cada etapa reprodutiva, podemos nos projetar à frente de uma escala de tempo de vários milhões de anos e encontrar os resultados de um número muito grande (muito grande mesmo) de repetições do mesmo fenômeno de ontogenia individual acompanhada de mudança reprodutiva. A Figura 27 oferece uma visão global da história dos seres vivos, desde suas origens até nossos dias, em todo o seu esplendor.

A figura lembra uma árvore, e portanto é chamada de história filogenética das espécies. Uma filogenia é uma sucessão de formas orgânicas geradas seqüencialmente por relações reprodutivas. As mudanças vivenciadas ao longo da filogenia constituem a mudança filogenética ou evolutiva.

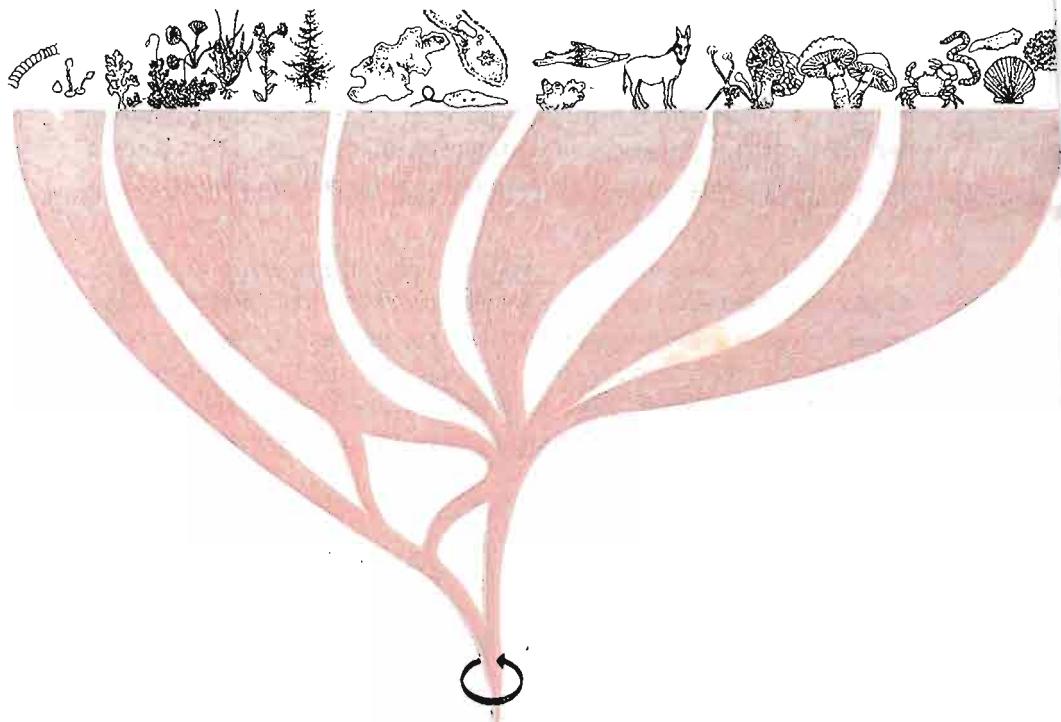


Figura 27. As grandes linhas de evolução orgânica, desde as origens procariontes até o presente, com toda a variedade de unicelulares, plantas, animais e fungos, que surgem das ramificações e entrecruzamentos por simbiose de muitas linhagens primitivas.

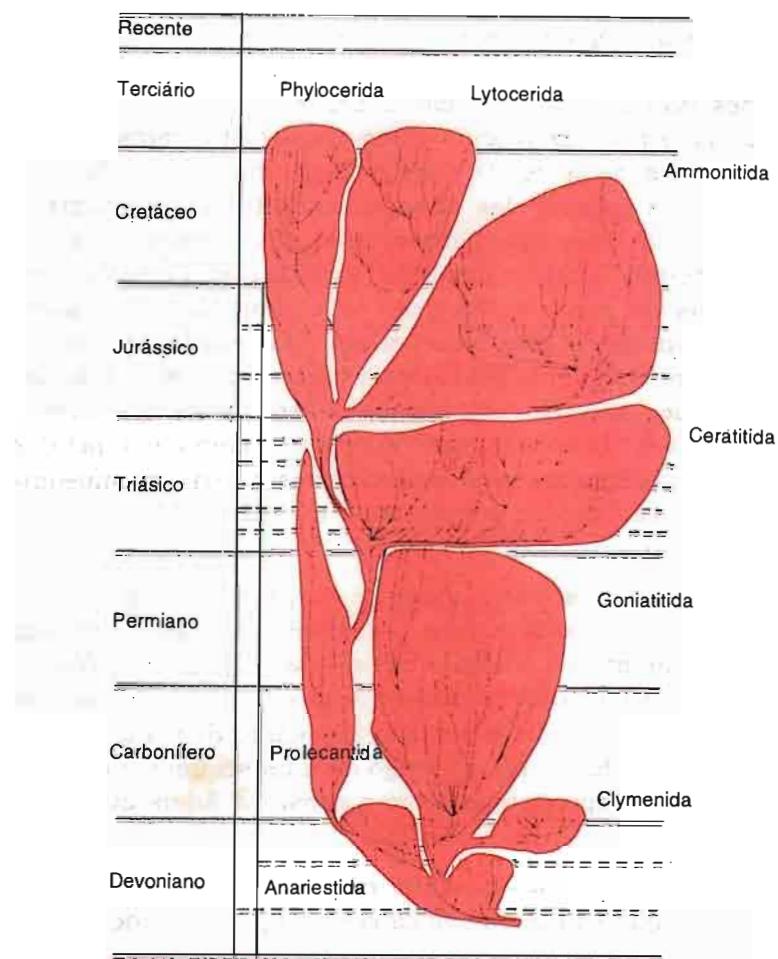


Figura 28. Expansão e extinção em linhagens de um grupo de trilobites, animais que existiram entre 500 e 300 milhões de anos atrás.

Por exemplo, a Figura 28 mostra a reconstrução da deriva de um grupo específico de metacelulares: invertebrados marininhos já extintos, conhecidos como trilobites. As variações em cada etapa reprodutiva da fase unicelular do animal geraram, como se vê em cada momento da história dos trilobites, uma grande diversidade de tipos dentro do grupo. Cada uma dessas

variantes está acoplada ao meio, que é uma variante de um tema central. Durante essa longa seqüência, ocorreram transformações geológicas dramáticas sobre a Terra, tais como as do final do período conhecido como triásico, há cerca de duzentos milhões de anos. O registro fóssil revela que durante esse período a maioria das linhagens dos trilobites desapareceu. Ou seja, a variação estrutural produzida nessas linhagens não se mostrou complementar às variações estruturais contemporâneas do meio, e com isso os organismos que constituíam tais linhagens não conservaram sua adaptação, não se reproduziram e as linhagens foram interrompidas. As linhagens em que isso não ocorreu ainda sobreviveram durante muitos milhões de anos, mas, finalmente, novas e repetidas mudanças drásticas no meio dos trilobites acabaram impedindo a conservação de sua adaptação, e todas as suas linhagens se extinguiram.

O estudo dos restos fósseis e da paleontologia permite construir histórias semelhantes à dos trilobites para cada um dos tipos de animais e plantas conhecidos hoje em dia. Não há um único caso na história estrutural dos seres vivos que não revele que cada linhagem é um caso particular de variações sobre um tema fundamental, ao longo de uma seqüência ininterrupta de etapas reprodutivas, com a conservação da autopoiese e da adaptação.

Notemos que nesse, como em todos os casos, muitas variações de uma estrutura são capazes de produzir indivíduos viáveis num meio determinado. Todas essas variações, como vimos antes, são igualmente adaptadas e capazes de continuar a linhagem a que pertencem em seu meio, seja este mutante ou não, durante no mínimo alguns milhares de anos. Mas esse caso também revela que as diferentes linhagens que as variações estruturais originam ao longo da história evolutiva de um grupo diferem na oportunidade que têm de manter ininterrupta sua contribuição à variedade do grupo num meio mutante. Isso se nota numa visão retrospectiva que mostra o desaparecimento de linhagens, revelando que as configurações estruturais que as caracterizavam não lhes permitiram conservar a organização e a adaptação que asseguravam sua continuidade.

No processo da evolução orgânica, cumprido o requisito ontogênico essencial da reprodução, tudo é permitido. Não cumprir esse requisito levaria à extinção. Veremos adiante como isso condiciona de modo importante a história cognitiva dos seres vivos.

Deriva natural

Examinemos essa maravilhosa árvore da evolução orgânica a partir de uma analogia. Imaginemos uma colina de topo estreito. Do alto desse cume, jogamos gotas d'água sempre na mesma direção, ainda que a mecânica do lançamento cause variações no seu modo de cair. Por fim, imaginemos que as gotas d'água sucessivamente lançadas deixam marcas sobre a terra como registros de sua queda.

Evidentemente, ao repetir várias vezes o experimento, obteremos resultados ligeiramente diferentes. Algumas gotas cairão direto para baixo, na direção escolhida, enquanto outras encontrarão obstáculos que contornarão de maneiras diferentes, dependendo de suas pequenas diferenças de peso e impulso, desviando-se para um lado ou para o outro. Talvez mudanças na corrente de vento conduzirão algumas gotas por caminhos mais sinuosos, afastando-as mais da direção inicial. E assim indefinidamente.

Tomemos agora essa série de experimentos e, seguindo as marcas de cada gota, assinalemos todos os caminhos que obtivemos, como se todas as gotas tivessem caído juntas. O resultado seria algo parecido ao que mostra a Figura 29.

A ilustração representa adequadamente as múltiplas derivas naturais das gotas d'água sobre a colina, resultados de seus diferentes modos individuais de interagirem com as irregularidades do terreno, com os ventos e assim por diante. A analogia com os seres vivos é óbvia. O cume e a direção inicial escolhida equivalem ao organismo ancestral comum, que dá origem a descendentes com ligeiras variações estruturais. A repetição múltipla equivale às muitas linhagens que surgem a

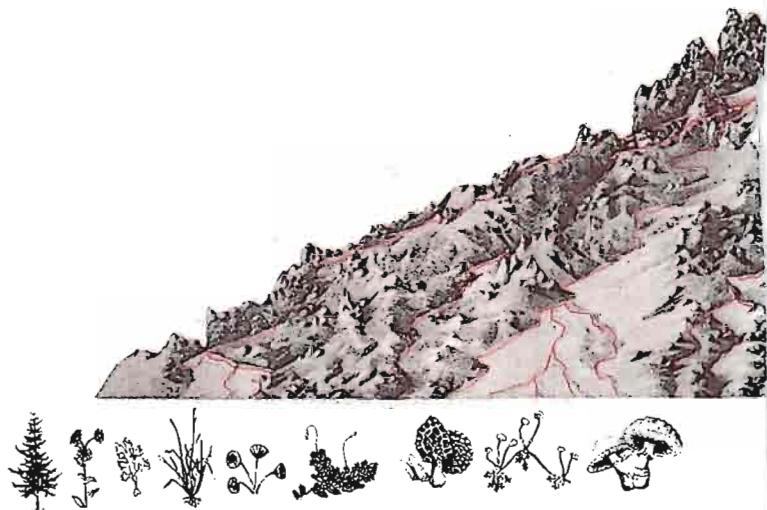
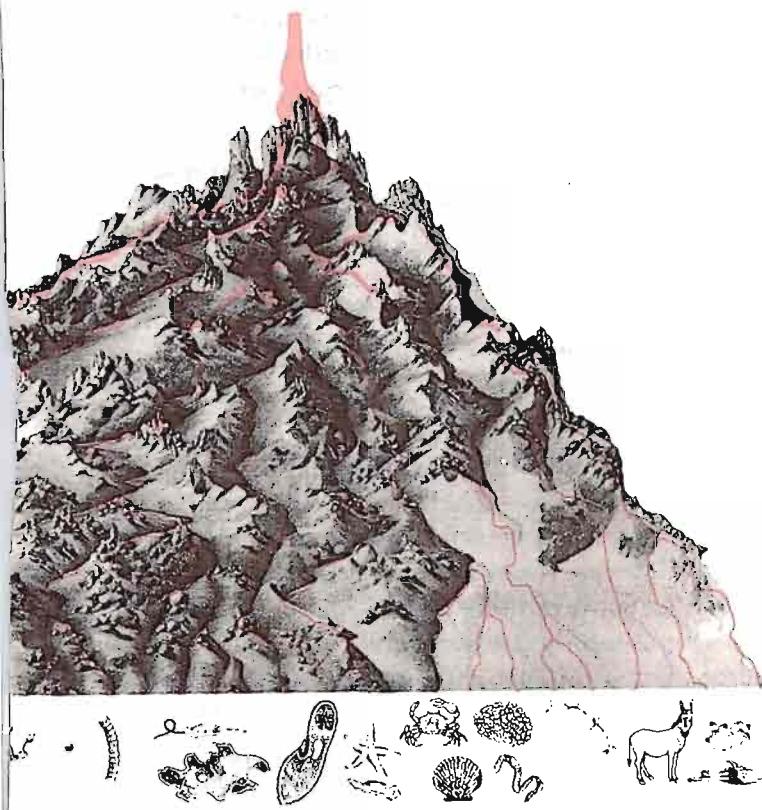


Figura 29. A deriva natural dos seres vivos segundo a metáfora da água.

partir desses descendentes. A colina, naturalmente, é todo o meio circundante dos seres vivos, que muda segundo o vir-a-ser. Este é em parte independente do modo como os seres vivos se desenvolvem, em parte dependente deles, e associamos aqui com a diminuição de altitude. Ao mesmo tempo, a queda continua das gotas d'água, com conservação contínua da diminuição da energia potencial, se associa à conservação da adaptação. Pulamos as etapas reprodutivas nessa analogia, já que estamos representando o vir-a-ser das linhagens, e não como elas se formam. No entanto, a analogia nos mostra que a deriva natural ocorrerá somente seguindo os cursos que são possí-



veis a cada instante, muitas vezes sem grandes variações na aparência dos organismos (fenótipo), e muitas vezes com múltiplas ramificações, dependendo dos tipos de relação organismo-meio que se conservam. Organismos e meio variam de forma independente: os organismos em cada etapa reprodutiva, e o meio segundo uma dinâmica distinta. Do encontro dessas duas variações surgirão a estabilização e a diversificação fenotípicas, como resultado do mesmo processo de conservação da adaptação e da autopoiese, dependendo de quando o encontro acontece: estabilização quando o meio se transforma lentamente; diversificação e extensão quando a mudança é abrupta. A constância e variação das linhagens dependerão, portanto, do jogo entre as condições históricas em que as linhagens ocorrem e das propriedades intrínsecas dos indivíduos que as

constituem. Por esse motivo, na deriva natural dos seres vivos haverá muitas extinções, muitas formas surpreendentes e outras que podemos imaginar como possíveis, mas que nunca veremos surgir.

Examinemos agora as trajetórias da deriva natural dos seres vivos de outro ponto de vista, ou seja, a partir de cima. A forma primordial passa a estar no centro. As linhagens derivadas se distribuem ao seu redor como ramificações que surgem do centro e vão se afastando dele à medida que os organismos que as constituem se diferenciam da forma original. Isso é mostrado na Figura 30.

Dessa perspectiva, vemos que a maioria das linhagens dos seres vivos que encontramos atualmente assemelha-se às primeiras unidades autopoieticas — bactérias, fungos, algas. São linhagens que equivalem a trajetórias próximas ao ponto central. Em seguida, algumas trajetórias se separam e vão constituir a variedade dos seres multicelulares. Algumas se separam ainda mais, constituindo os vertebrados superiores: pássaros e mamíferos. Como no caso das gotas d'água, desde que haja casos e tempo suficiente, muitas das linhagens possí-



Figura 30. Deriva natural dos seres vivos como distâncias de complexidade em relação à sua origem comum.

Conceito original de Raúl Berrios.

veis ocorrerão, por mais estranhas que pareçam. Além disso, algumas das linhagens se interrompem porque, em dado momento, e como indicamos no caso dos trilobites, a diversidade reprodutiva que geram não é comensurável com a variação ambiental. A conservação da adaptação termina porque tais linhagens produzem seres incapazes de se reproduzir no meio em que precisam viver.

No sistema das linhagens biológicas, há muitas trajetórias que duraram milhões de anos sem grandes variações em torno de uma forma fundamental, muitas que sofreram grandes mudanças geradoras de novas formas e, por fim, muitas que se extinguiram sem produzir ramificações que chegassem ao presente. Em todos os casos, no entanto, trata-se de derivas filogenéticas em que a organização e a adaptação dos organismos que compõem as linhagens se conservam enquanto estas existem. Além disso, não são as variações do meio vistas por um observador que determinam a trajetória evolutiva das diferentes linhagens, e sim o curso que segue a conservação do acoplamento estrutural dos organismos em seu meio próprio (nicho), que eles definem e cujas variações podem passar despercebidas a um observador. Quem é capaz de observar as tênues variações da força do vento, da fricção ou das cargas eletrostáticas que podem desencadear mudanças nas trajetórias das gotas do exemplo da Figura 29? O físico se desespera, joga as mãos para o alto e se limita a mencionar flutuações casuais. No entanto, mesmo usando a linguagem do acaso, o físico sabe que por trás de cada situação observada há processos perfeitamente deterministas. Ou seja, ele sabe que, para descrever o que acontece com as gotas d'água, é necessária uma descrição detalhada praticamente impossível. Mas ele pode se limitar a uma descrição probabilística que, ao supor uma legalidade determinista, prediz a classe de fenômenos que podem ocorrer, mas nenhum caso em particular.

Para entender o fenômeno da evolução, o biólogo se vê numa situação semelhante. Mas os fenômenos que lhe interessam são regidos por leis muito diferentes das que regem os fenômenos físicos, como já vimos ao tratar da conservação da identidade e da adaptação. Assim, o biólogo pode confortavel-

MAIS OU MENOS ADAPTADO

Dissemos que, enquanto não se desintegra, o ser vivo está adaptado a seu meio, mantendo uma condição de adaptação invariante. Ou seja, ele se conserva. Além disso, dissemos que nesse aspecto todos os seres vivos somos iguais enquanto estamos vivos. No entanto, freqüentemente ouvimos dizer que há seres mais ou menos adaptados, ou que estão adaptados como resultado de sua história evolutiva.

Essa descrição da evolução biológica, e muitas outras que nos legaram os textos escolares, é inadequada, como se conclui de tudo o que dissemos. No melhor dos casos, o observador pode introduzir um padrão de comparação ou referência que lhe permita fazer comparações e falar de eficácia na realização de uma função. Por exemplo, poder-se-ia medir o grau de eficácia quanto ao consumo de oxigênio entre diferentes grupos de animais aquáticos e mostrar que, despendendo o que nos parece o mesmo esforço, alguns consomem menos que outros. Caberia descrever estes últimos como mais eficazes e mais bem adaptados? Certamente que não, pois na medida em que estão todos vivos, todos satisfizeram os requisitos necessários para uma ontogenia ininterrupta. As comparações sobre eficácia pertencem ao

domínio de descrições feitas pelo observador, e não têm relação direta com o que ocorre às histórias individuais de conservação da adaptação.

Em resumo: não há sobrevivência do mais capaz, há sobrevivência de quem é capaz. Trata-se de condições necessárias que podem ser satisfeitas de muitas maneiras, e não de otimização de algum critério alheio à própria sobrevivência.

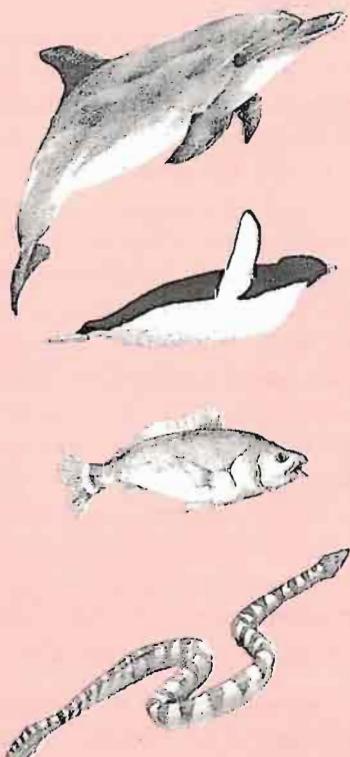


Figura 31. Diferentes maneiras de nadar.

EVOLUÇÃO: DERIVA NATURAL



É importante, para a compreensão plena deste livro, dar-se conta de que aquilo que dissemos sobre evolução orgânica basta para entender as características básicas do fenômeno da transformação histórica dos seres vivos. Não é necessário um exame detalhado dos mecanismos subjacentes.

Por exemplo, praticamente não tocamos em tudo o que hoje se sabe sobre como a genética populacional tornou explícitos alguns aspectos do que Darwin chamava de "modificação por meio da descendência". Da mesma maneira, não tocamos na contribuição do estudos dos fósseis para o conhecimento detalhado das transformações evolutivas de muitas espécies.

De fato, não há hoje um quadro unificado de como ocorreu a evolução dos seres vivos em todos os seus aspectos. Há múltiplas escolas de pensamento que questionam seriamente o entendimento da evolução pela seleção natural, que vem dominando a biologia desde a última metade do século. No entanto, sejam quais forem as novas idéias propostas para os mecanismos evolutivos, não se pode negar o fenômeno da evolução. Mas estamos livres da visão popularizada da evolução como um processo em que seres vivos se adaptam progressivamente a um mundo ambiental, otimizando sua exploração. O que estamos propondo é que a evolução ocorre como um fenômeno de deriva estrutural sob contínua seleção filogênica, em que não há progresso nem otimização do uso do meio. Há apenas conservação da adaptação e da autopoiese, num processo em que organismo e meio permanecem em contínuo acoplamento estrutural.

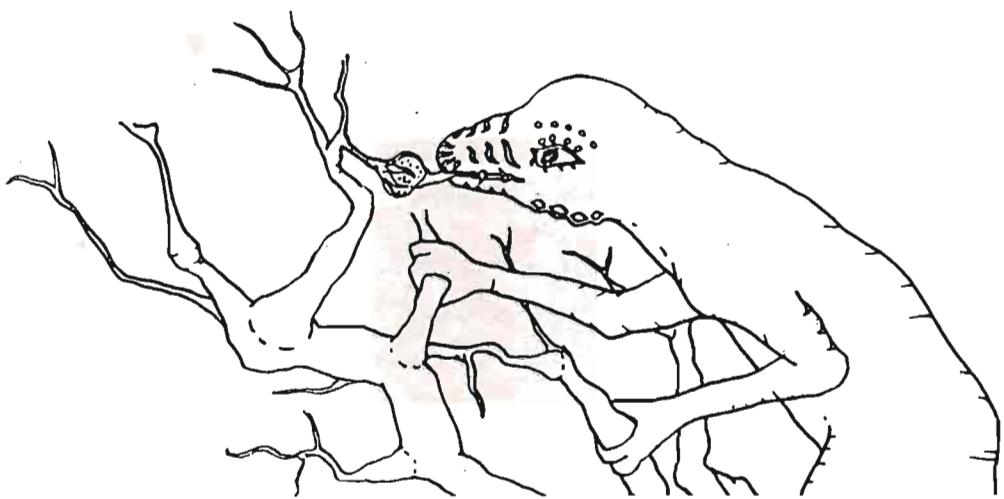
mente dar conta de grandes linhas evolutivas na história dos seres vivos baseando-se no acoplamento estrutural destes a um meio em transformação (tais como as mudanças ambientais que mencionamos no caso dos trilobites). Mas ele também se desespera quando se trata de explicar as transformações

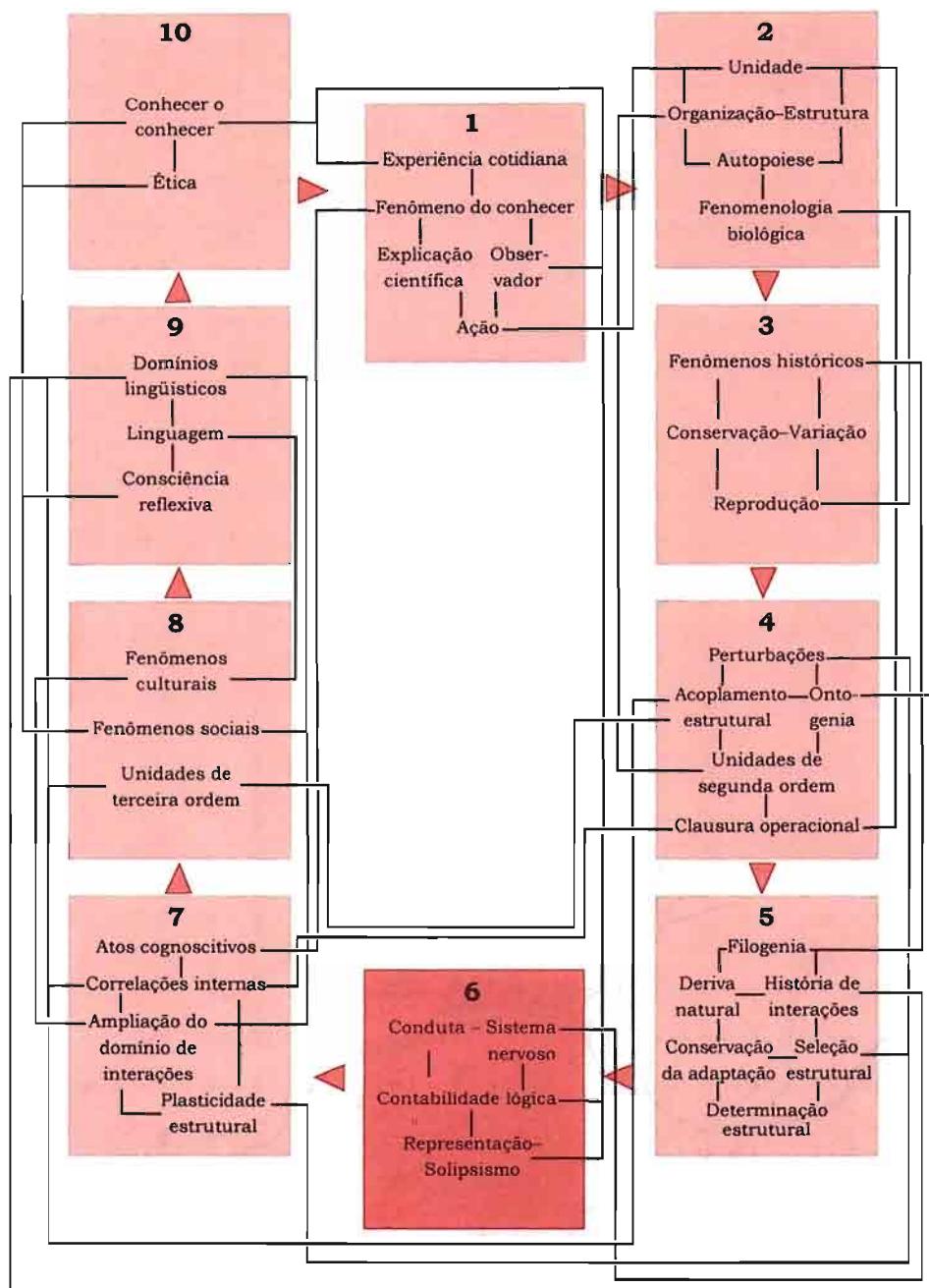
detalhadas de um grupo animal. Para isso, precisaria reconstruir não só todas as variações ambientais, como também o modo com que esse grupo em particular compensou tais flutuações segundo sua própria plasticidade estrutural. Em resumo, somos obrigados a descrever cada caso particular como resultado de variações casuais, já que só podemos descrever o transcurso de suas transformações *a posteriori*. Da mesma maneira descreveríamos um barco à deriva, movido por variações do vento e da maré inacessíveis a nossa previsão.

Podemos então dizer que um dos aspectos mais interessantes da evolução é a maneira como a coerência interna de um grupo de seres vivos compensa uma determinada perturbação. Por exemplo, caso haja uma mudança significativa na temperatura terrestre, somente os organismos capazes de viver dentro do novo padrão térmico poderão continuar sua filogenia. Mas a compensação da temperatura pode se dar de várias formas: com pelos mais espessos, com mudanças das taxas metabólicas, com migrações geográficas em massa etc. Em cada caso, o que vemos como adaptação ao frio também envolve o resto do organismo de maneira global: desenvolver pelos, por exemplo, implica necessariamente mudanças correlativas — não só na pele e nos músculos, mas também no modo como os animais de um mesmo grupo se reconhecem entre si e na maneira como o tono muscular é regulado durante o movimento. Em outras palavras, já que todo sistema autopoietico é uma unidade feita de múltiplas interdependências, quando uma dimensão do sistema é modificada, o organismo como um todo passa por mudanças correlativas em muitas dimensões ao mesmo tempo. Mas, certamente, tais mudanças correlativas, que nos parecem corresponder a mudanças no meio, não ocorrem por causa destas, e sim na deriva que se configura no encontro operacionalmente independente entre organismo e meio. Como não vemos todos os fatores que participam do encontro, a deriva nos parece um processo comandado pelo acaso. Veremos que não é assim ao estudarmos as maneiras com que o organismo, como um todo coerente, experimenta mudanças estruturais.

Resumindo: a evolução é uma *deriva natural*, produto da invariância da autopoiese e da adaptação. Como no caso

das gotas d'água, não é necessária uma direcionalidade externa para gerar a diversidade e a complementariedade entre organismo e meio. Tampouco é necessário tal roteiro para explicar a direcionalidade das variações numa linhagem, nem se trata da otimização de alguma qualidade específica dos seres vivos. A evolução se assemelha mais a um escultor vagabundo que perambula pelo mundo recolhendo um fio aqui, um pedaço de lata ali, um pedaço de madeira acolá, e os combinando da maneira que sua estrutura e circunstância permitem, sem mais razão do que a *possibilidade* de combiná-las. E assim, enquanto ele vagueia, vão se produzindo formas intrincadas, compostas de partes harmonicamente interligadas, que são produtos não de um desígnio, mas de uma deriva natural. Assim também, sem outra lei que a conservação de uma identidade e a capacidade de reprodução, foi que todos nós surgimos. É a lei fundamental que nos liga a todas as coisas: à rosa de cinco pétalas, ao camarão-d'água-doce, ao executivo de Nova Iorque.





6 DOMÍNIOS DE CONDUTA

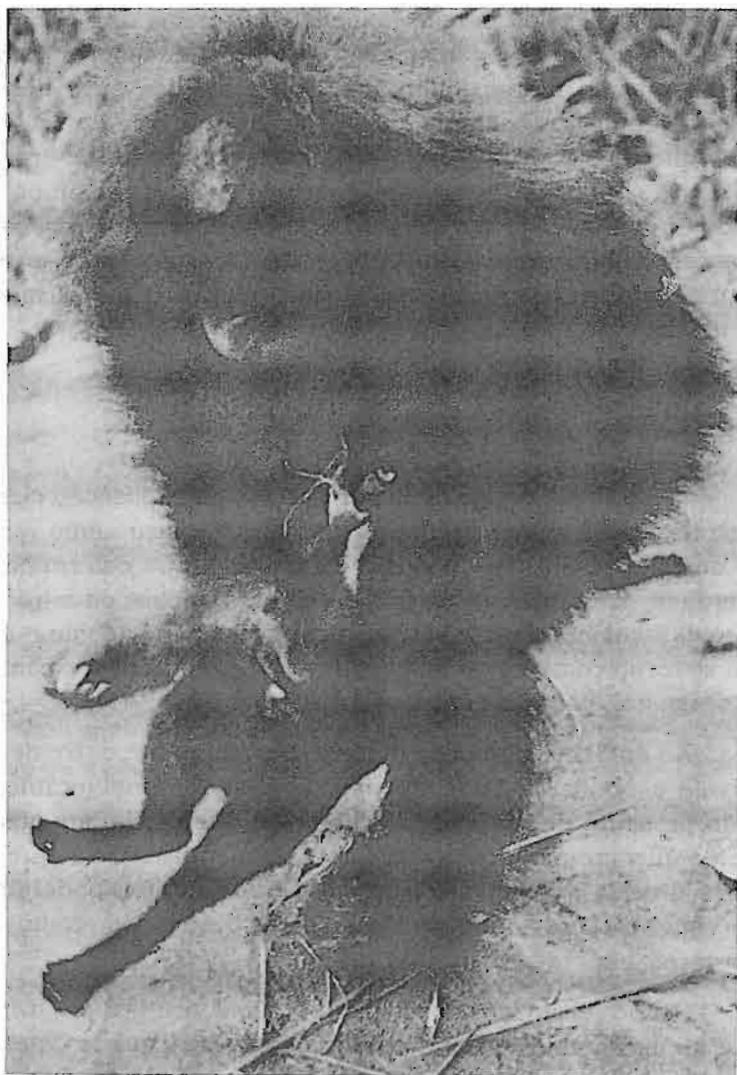


Figura 32. Um orangotango roubando um rato de um gato.

Quando um adivinho profissional promete predizer nosso futuro com sua arte, geralmente ficamos cheios de sentimentos contraditórios. Por um lado, nos atrai a idéia de que alguém olhe para nossas mãos e, valendo-se de um determinismo para nós inescrutável, possa antecipar nosso futuro. Por outro lado, a idéia de sermos seres determinados, explicáveis e previsíveis nos parece inaceitável. Apreciamos nosso livre arbítrio e queremos estar além de qualquer determinismo. Mas, ao mesmo tempo, queremos que o médico cure nossos males tratando-nos como sistemas estruturalmente determinados. O que revela isso? Que relação há entre nosso ser orgânico e nossa conduta? Nosso propósito neste e nos próximos capítulos é responder a tais perguntas. Com esse fim, começaremos examinando mais detalhadamente como podemos entender um domínio comportamental em todas as suas possíveis dimensões.

Previsibilidade e o sistema nervoso

Como já vimos, só podemos gerar uma explicação científica se tratar o fenômeno que nos interessa explicar como resultado da operação de um sistema estruturalmente determinado. Na verdade, estamos apresentando toda essa análise do mundo e dos seres vivos em termos deterministas, mostrando como o universo se torna compreensível a partir dessa perspectiva, e como a vida surge nele como algo espontâneo e natural.

No entanto, é preciso distinguir claramente entre determinismo e previsibilidade. Previsão é quando consideramos o estado presente de um sistema qualquer que estejamos observando e afirmamos que haverá um estado subsequente que resultará de sua dinâmica estrutural e que também poderemos observar. Portanto, uma previsão revela o que nós, como observadores, esperamos que aconteça.

Sendo assim, a previsibilidade não é sempre possível, e não é a mesma coisa afirmar o caráter estruturalmente determinado de um sistema e afirmar sua total previsibilidade. Isso porque, como observadores, podemos não ter condições de obter os

conhecimentos necessários sobre a operação de um certo sistema que possibilitem uma previsão sobre ele. Ninguém discute que as nuvens e os ventos seguem obedientemente certos princípios de movimento e transformação relativamente simples. No entanto, a dificuldade em conhecer todas as variáveis relevantes torna a meteorologia uma disciplina de limitados poderes de previsão. Nesse caso, a limitação decorre de uma incapacidade de observação. Em outros, a incapacidade pode ser de outra ordem. Em fenômenos como a turbulência, nem sequer temos elementos que permitam imaginar um sistema determinista detalhado que lhe dê origem. É um caso em que a limitação da previsão revela uma limitação conceitual. Por último, há sistemas que mudam de estado ao serem observados, de modo que a própria intenção do observador de prever o curso estrutural do sistema o afasta do seu domínio de previsões.

Em outras palavras, os fenômenos que nos parecem necessários e inevitáveis nos permitem, como observadores, fazer uma previsão válida. Mas os fenômenos que vemos como casuais não permitem a proposição de um sistema explicativo científico.

É preciso ter isso em mente ao estudarmos o que ocorre com a ontogenia dos organismos multicelulares dotados de sistema nervoso, aos quais costumamos atribuir um domínio comportamental muito vasto e rico. Mesmo antes de explicar o sistema nervoso, sabemos que é parte de um organismo e que terá de funcionar dentro deste de modo a contribuir a cada momento para a sua determinação estrutural. Tal contribuição deve-se tanto à sua estrutura quanto ao fato de que os resultados de sua operação (por exemplo, a linguagem) serão parte do meio, que, a cada instante, funciona como seletor da deriva estrutural do organismo que nele conserva sua identidade. O ser vivo (com ou sem sistema nervoso) funciona sempre em seu presente estrutural. O passado, como referência de interações já ocorridas, e o futuro, como referência de interações que irão ocorrer, são dimensões valiosas para que os observadores se comuniquem entre si, mas não participam do determinismo estrutural do organismo a cada momento.

Dotados ou não de sistema nervoso, todos os organismos, incluindo o nosso, funcionam como funcionam e estão onde estão a cada instante devido a seu acoplamento estrutural. Estamos escrevendo estas linhas porque fomos feitos de uma certa maneira e seguimos uma certa ontogenia particular. E o leitor que nos lê entende o que está entendendo porque sua estrutura no presente, e portanto (indiretamente) sua história, assim o determina. Em sentido estrito, nada é acidental. Ainda assim, nossa experiência é de liberdade criativa, e temos a impressão de que o fazer dos animais superiores é imprevisível. Como ocorre essa espantosa riqueza na conduta dos animais dotados de sistema nervoso? Para entender essa questão, precisamos examinar com mais atenção o funcionamento do sistema nervoso em toda a riqueza dos domínios de acoplamento estrutural que sua presença possibilita.

Sapos e crianças-lobo

Todas as variedades de sapos, esses animais tão comuns em nossos campos, se alimentam de animais pequenos tais como vermes, traças e moscas. Sua conduta alimentar é sempre a mesma: o animal se orienta em direção à presa, projeta sua longa língua pegajosa e a recolhe rapidamente, trazendo a presa aderida à superfície. Nesse ponto, a conduta do sapo é extremamente precisa — o observador vê que ele sempre lança a língua em direção à presa.

Por isso, é possível fazer com o sapo um experimento muito revelador. Cortamos a borda do olho de um girino e, sem tocar no nervo óptico, giramos o olho até completar 180 graus. Deixamos que o animal operado complete seu desenvolvimento larval e sua metamorfose até se tornar adulto. Então mostramos um verme ao nosso sapo de laboratório, tomado o cuidado de cobrir o olho virado. Ele tira a língua para fora e acerta em cheio o alvo. Repetimos o experimento, desta vez co-



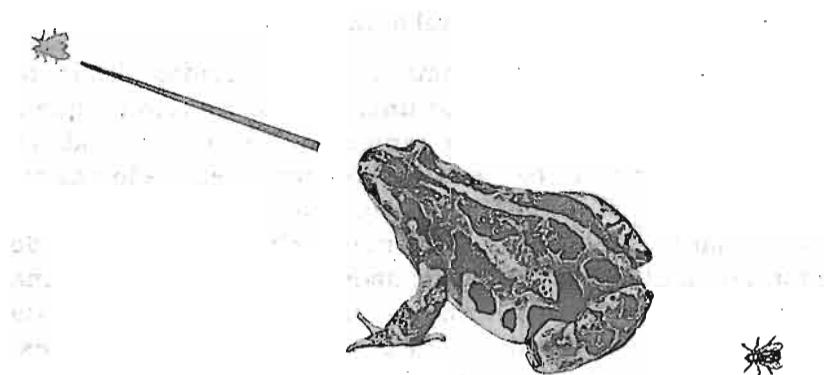


Figura 33. Erro de pontaria ou expressão de uma nova correlação interna?

brindo o olho normal. Vemos então que o animal projeta a língua com um desvio de exatamente 180 graus. Ou seja, se a presa está abaixo e na frente do animal, este projeta sua língua para cima e para trás. Toda vez que repetimos o teste, o sapo comete o mesmo erro, fazendo um desvio de 180 graus. É inútil insistir: o animal com o olho virado nunca muda esse novo modo de lançar a língua com um desvio em relação à posição da presa equivalente à rotação imposta pelo pesquisador (Figura 33). O sapo projeta a língua como se a zona da retina onde a imagem da presa se formasse estivesse em sua posição normal.

O experimento revela de maneira dramática que para o animal não existe acima e abaixo, ou frente e trás, em relação ao mundo exterior, como existe para o observador que faz o estudo. Existe apenas uma correlação *interna* entre o lugar de onde a retina recebe uma determinada perturbação e as contrações musculares que movem a língua, a boca, o pescoço e, em última instância, todo o corpo do sapo.

Quando posicionamos a presa abaixo e na frente do sapo com o olho virado, causamos uma perturbação visual acima e atrás na zona da retina que habitualmente está situada na frente e abaixo. Isso desencadeia no sistema nervoso do sapo uma correlação sensório-motora entre a posição da retina

e o movimento da língua, e não um cálculo sobre um mapa do mundo, como pareceria razoável a um observador.

Esse experimento, como vários realizados desde os anos 50, pode ser considerado uma evidência direta de que a operação do sistema nervoso é expressão de sua conectividade, ou estrutura de conexões, e que a conduta é resultado das relações de atividades *internas* do sistema nervoso. Trataremos disso adiante. No momento, queremos chamar a atenção do leitor para a dimensão de plasticidade estrutural que o sistema nervoso introduz no organismo — ou seja, de como para cada organismo sua história de interações resulta num caminho específico de mudanças estruturais. Estas, por sua vez, constituem uma história particular de transformações a partir de uma estrutura inicial, em que o sistema nervoso participa ampliando o domínio de estados possíveis.

Se separarmos um carneiro recém-nascido de sua mãe por algumas horas, devolvendo-o em seguida, o animalzinho se desenvolverá de modo aparentemente normal. Crescerá, caminhará, seguirá sua mãe, sem revelar nada de diferente, até que observemos suas interações com outros filhotes de carneiro. A brincadeira desses animais é correr e dar cabeçadas uns nos outros. Mas o carneiro que separamos da mãe por poucas horas não participa. Não sabe e não aprende a brincar, permanecendo separado e solitário. O que lhe aconteceu? Não podemos dar uma explicação detalhada, mas sabemos, por tudo o que já vimos neste livro, que a dinâmica dos estados do sistema nervoso depende de sua estrutura. Portanto, o fato desse animal se comportar de maneira diferente revela que seu sistema nervoso se tornou diferente do dos outros como resultado da privação passageira da mãe. De fato, durante as primeiras horas após o nascimento dos carneiros, a mãe os lambe continuamente, passando a língua por todo o seu corpo. Ao separar o filhote da mãe, impedimos essa interação e tudo o que acarreta em termos de estímulo tátil-visual e, provavelmente, de contatos químicos de vários tipos. O experimento mostra como essas interações são decisivas para a transformação estrutural do sistema nervoso, e suas consequências aparentemente vão muito além do simples ato de lamber.

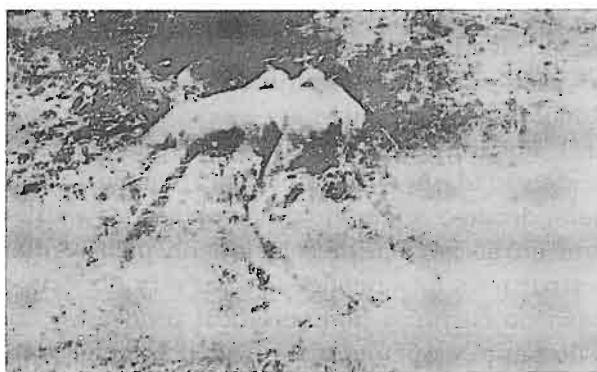
Todo ser vivo começa sua existência com uma estrutura unicelular particular. É seu ponto de partida. Por isso, a ontogenia de todo ser vivo consiste em sua contínua transformação estrutural. Por um lado, é um processo que ocorre sem interromper a identidade nem o acoplamento estrutural do organismo ao meio, desde o início até a desintegração final; por outro, segue um curso particular selecionado pela seqüência de mudanças estruturais desencadeadas por sua história de interações. O caso do carneiro não constitui uma exceção. Como no exemplo do sapo, é apenas mais evidente, pois temos acesso a uma série de interações que podemos descrever como “seletoras” de um certo caminho de mudança estrutural que, no caso em questão, mostrou-se patológico quando comparado ao curso normal.

Tudo isso também se aplica aos seres humanos, como foi demonstrado pelo caso dramático das duas meninas de uma aldeia bengali ao norte da Índia que, em 1922, foram resgatadas (ou arrancadas) de uma família de lobos que as havia criado em total isolamento de qualquer contato humano (Figura 34). Uma das meninas tinha oito anos e a outra cinco. A menor morreu pouco tempo depois de ser encontrada, e a outra sobreviveu mais dez anos com outros órfãos com quem foi criada. Quando foram encontradas, as meninas não sabiam andar sobre os pés, mas se moviam rapidamente de quatro. É claro que não falavam, e seus rostos eram inexpressivos. Queiriam comer apenas carne crua, tinham hábitos noturnos, repeliam o contato humano e preferiam a companhia de cachorros e lobos. Ao ser resgatadas, estavam perfeitamente saudáveis e não apresentavam nenhum sintoma de debilidade mental ou desnutrição. Mas a separação da família lupina causou-lhes uma profunda depressão que as levou à beira da morte, sendo que uma efetivamente morreu.

A menina que sobreviveu dez anos acabou por mudar seus hábitos alimentares e seus ciclos de atividade. Aprendeu a caminhar sobre os dois pés, mas sempre voltava a correr de



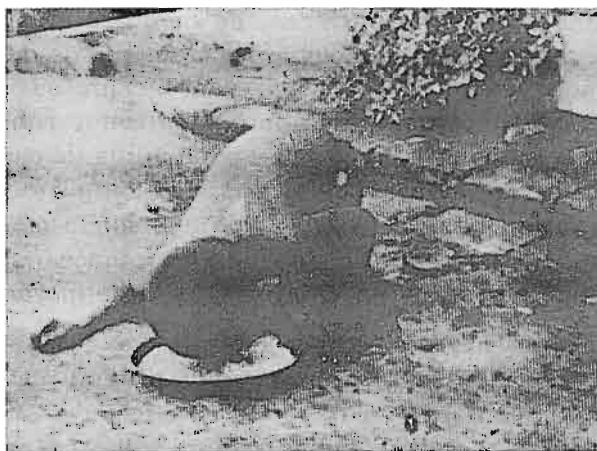
C. MacLean, *The wolf children*, Penguin Books, Nova Iorque, 1977.



a



b



c

Figura 34. a) e b): Comparação mostrando o andar lupino da menina bengali algum tempo depois de encontrada; c) menina-lobo comendo como aprendera.



Figura 34. d) Nunca pareceram completamente humanas.

quatro em situações de urgência. Nunca chegou propriamente a falar, embora usasse um punhado de palavras. A família do missionário anglicano que cuidou dela, bem como outras pessoas que a conheceram intimamente, nunca sentiu que fosse verdadeiramente humana.

Esse caso — e não é o único — mostra que, embora sua constituição genética, sua anatomia e fisiologia fossem humanas, as duas meninas nunca chegaram a se acoplar num contexto humano. Os comportamentos que o missionário e sua família queriam mudar por serem aberrantes no contexto humano eram completamente naturais para as meninas criadas entre os lobos. Na verdade, Mowgli, o menino das selvas imaginado por Kipling, jamais poderia ter existido em carne e osso,

já que aprendeu a falar e a se portar como homem quando conheceu o meio humano. Nós, seres de carne e osso, não somos alheios ao mundo em que vivemos e a que damos à luz com nosso existir cotidiano.

Sobre o fio da navalha

A visão mais popular e corrente do sistema nervoso considera-o um instrumento por meio do qual o organismo obtém informações do meio, de modo a construir uma *representação* do mundo que lhe permita calcular uma conduta adequada para sua sobrevivência (Figura 35). Assim, o meio imprimiria no sistema nervoso as características que lhe são próprias e este as utilizaria para gerar a conduta, como quem usa um mapa para traçar uma rota.

Mas sabemos que o sistema nervoso, sendo parte de um organismo, opera com determinação estrutural. Portanto, a estrutura do meio não pode determinar suas mudanças, mas apenas desencadeá-las. Como observadores, temos acesso ao sistema nervoso e à estrutura do seu meio, o que nos permite descrever a conduta do organismo como produto do operar do sistema nervoso com representações do meio, ou como expressão de algum processo intencional ou direcionado a uma meta. Mas tais descrições não refletem a operação do sistema nervoso em si e, portanto, sua utilidade para nós é de caráter somente comunicativo, não tendo valor explicativo científico.

Se refletirmos um pouco sobre os exemplos que apresentamos anteriormente, veremos que nossa primeira tendência ao descrever o que acontece em cada caso é utilizar, de um modo ou de outro, alguma forma da metáfora de obter “informações” do meio que são representadas no “interior”. No entanto, nossa argumentação anterior deixou claro que o uso desse tipo de matáfora contradiz tudo o que sabemos sobre os seres vivos. A situação gera grande dificuldade e resistência, já que a única alternativa à visão do sistema nervoso operando com representações parece ser a negação da realidade circundante. De fato, se o sistema nervoso não opera — e não pode

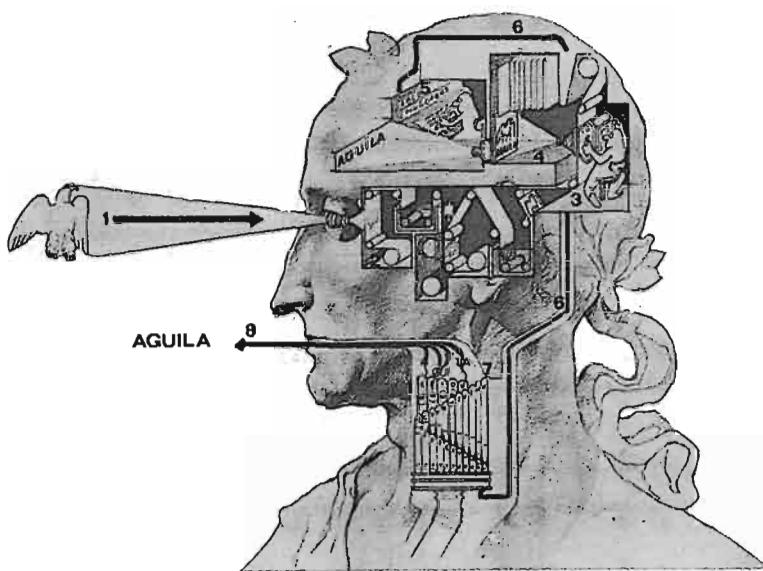


Figura 35. César segundo a metáfora representacionista (*aguila* [espanhol] = águia).

operar — com representações do mundo circundante, como explicar a extraordinária eficácia operacional do homem e dos animais, nossa enorme capacidade de aprendizagem e manipulação do mundo? Se negarmos a objetividade de um mundo cognoscível, não cairmos no caos e na total arbitrariedade, em que tudo é possível?

É como caminhar sobre o fio de uma navalha. De um lado, há uma cilada: a impossibilidade de compreender o fenômeno cognitivo se supusermos que o mundo é feito de objetos que nos informam, já que não há um mecanismo que de fato permita tal “informação”. Do outro lado, há outra cilada: o caos e a arbitrariedade da ausência de objetividade, onde tudo parece ser possível. Temos de aprender a seguir o caminho intermediário — a andar sobre o fio da navalha (Figura 36).

Com efeito, se cairmos na cilada de supor que o sistema nervoso funciona com *representações* do mundo, ficaremos cegos à possibilidade de explicar como o sistema nervoso opera



Figura 36. A odisséia epistemológica: navegando entre o redemoinho Caribdis do solipsismo e o monstro Scila do representacionismo.

de um momento a outro como um sistema determinado e com clausura operacional, como veremos no próximo capítulo.

Por outro lado, há a cilada de negar o meio circundante, de supor que o sistema nervoso funcione no vácuo, e que logo tudo seria válido e possível. É o extremo da absoluta solidão cognitiva, do solipsismo (dentro da tradição da filosofia clássica, a afirmação de que só existe a interioridade de cada um), que não explica a existência de uma adequação ou comensurabilidade entre o funcionamento do organismo e seu mundo.

Mas esses dois extremos ou ciladas existem desde as primeiras tentativas de compreender o fenômeno do conhecimento, em suas raízes mais clássicas. Hoje em dia, predomina o extremo representacional; noutros tempos, prevaleceu a visão contrária.

Queremos propor uma maneira de desfazer esse aparente nó górdio e encontrar um modo natural de evitar os dois abismos que cercam o fio da navalha. Na verdade, o leitor

atento já deve estar imaginando que maneira é essa, já que está contida em tudo o que dissemos. A solução é manter uma clara *contabilidade lógica* — ou seja, não perder de vista o que dissemos no início: Tudo o que é dito, é dito por alguém. A solução, como todas as soluções de aparentes contradições, consiste em sair do plano das oposições e mudar a natureza da pergunta, passando para um contexto mais abrangente.

Na verdade, a situação é simples. Como observadores, podemos ver uma unidade em domínios *diferentes*, dependendo das distinções que fizermos. Assim, por um lado, podemos considerar um sistema no domínio do operar de seus componentes, de seus estados internos e mudanças estruturais. Nesse caso, para a dinâmica interna do sistema, o meio não existe, é irrelevante. Por outro lado, *também* podemos considerar uma unidade segundo suas interações com o meio e descrever a história dessas interações. Nessa perspectiva, em que o observador pode estabelecer relações entre certas características do meio e a conduta da unidade, é a dinâmica interna que se torna irrelevante.

Nenhum desses dois domínios possíveis de descrição é problemático em si, e ambos são necessários para um entendimento completo da unidade. É o observador que os correlaciona a partir de sua perspectiva externa. É ele quem reconhece que a estrutura do sistema determina suas interações ao especificar quais configurações do meio podem desencadear mudanças estruturais no sistema. É ele quem reconhece que o meio não especifica nem informa as mudanças estruturais do sistema. O problema começa quando mudamos, sem perceber, de um domínio para o outro, e exigimos que as correspondências que estabelecemos entre eles (pois podemos vê-los simultaneamente) participem de fato do funcionamento da unidade — nesse caso, o organismo e o sistema nervoso. Se mantivermos clara nossa contabilidade lógica, a complicação se dissipará — ficaremos conscientes das duas perspectivas e as relacionaremos num domínio mais abrangente estabelecido por nós. Assim, não precisamos recorrer às representações nem negar que o sistema opera num meio que lhe é comensurável graças à sua história de acoplamento estrutural.

Talvez isso fique mais claro com uma analogia. Imaginemos uma pessoa que passou toda a sua vida dentro de um submarino. Nunca saiu dele, mas recebeu um treinamento perfeito de como operá-lo. Estamos na praia e vemos que o submarino se aproxima e emerge graciosamente à superfície. Então, pegamos o rádio e dizemos ao piloto: "Parabéns, você evitou os recifes e emergiu com muita elegância. As manobras do submarino foram perfeitas." Mas nosso amigo no interior do submarino fica perplexo: "Que negócio é esse de recifes e emergir? Tudo o que fiz foi mover alavancas, girar botões e estabelecer certas relações entre indicadores, numa seqüência prescrita à qual me acostumei. Não fiz manobra alguma e não sei de que submarino está falando. Deve estar brincando."

Para o homem no interior do submarino, só existem as leituras dos indicadores, suas transições e maneiras de obter certas relações específicas entre elas. Somente para nós do lado de fora, que vemos como mudam as relações entre o submarino e seu meio, a conduta do submarino existe e parece mais ou menos adequada, conforme suas consequências. Para manter a contabilidade lógica, não devemos confundir o operar do submarino, sua dinâmica de estados, com deslocamentos e mudanças de posição no ambiente. A dinâmica de estados do submarino, com seu piloto que não conhece o mundo exterior, nunca depende de representações do mundo que o observador externo vê: não envolve nem "praias", nem "recifes", nem "superfície", mas apenas correlações entre indicadores dentro de certos limites. Entidades como praias, recifes e superfície valem unicamente para observadores externos, não para o submarino ou para o piloto que opera como componente deste. O que vale para o submarino dessa analogia também vale para todos os sistemas vivos: para o sapo de olho virado, para a menina-lobo e para cada um de nós, seres humanos.

Conduta e sistema nervoso

O que chamamos de conduta ao observar as mudanças de estado de um organismo em seu meio corresponde à descri-

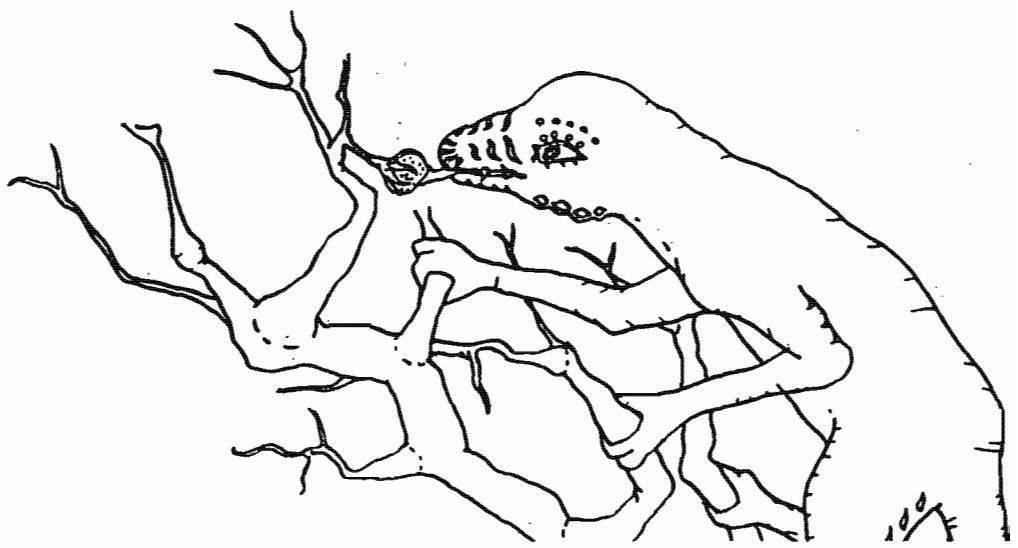


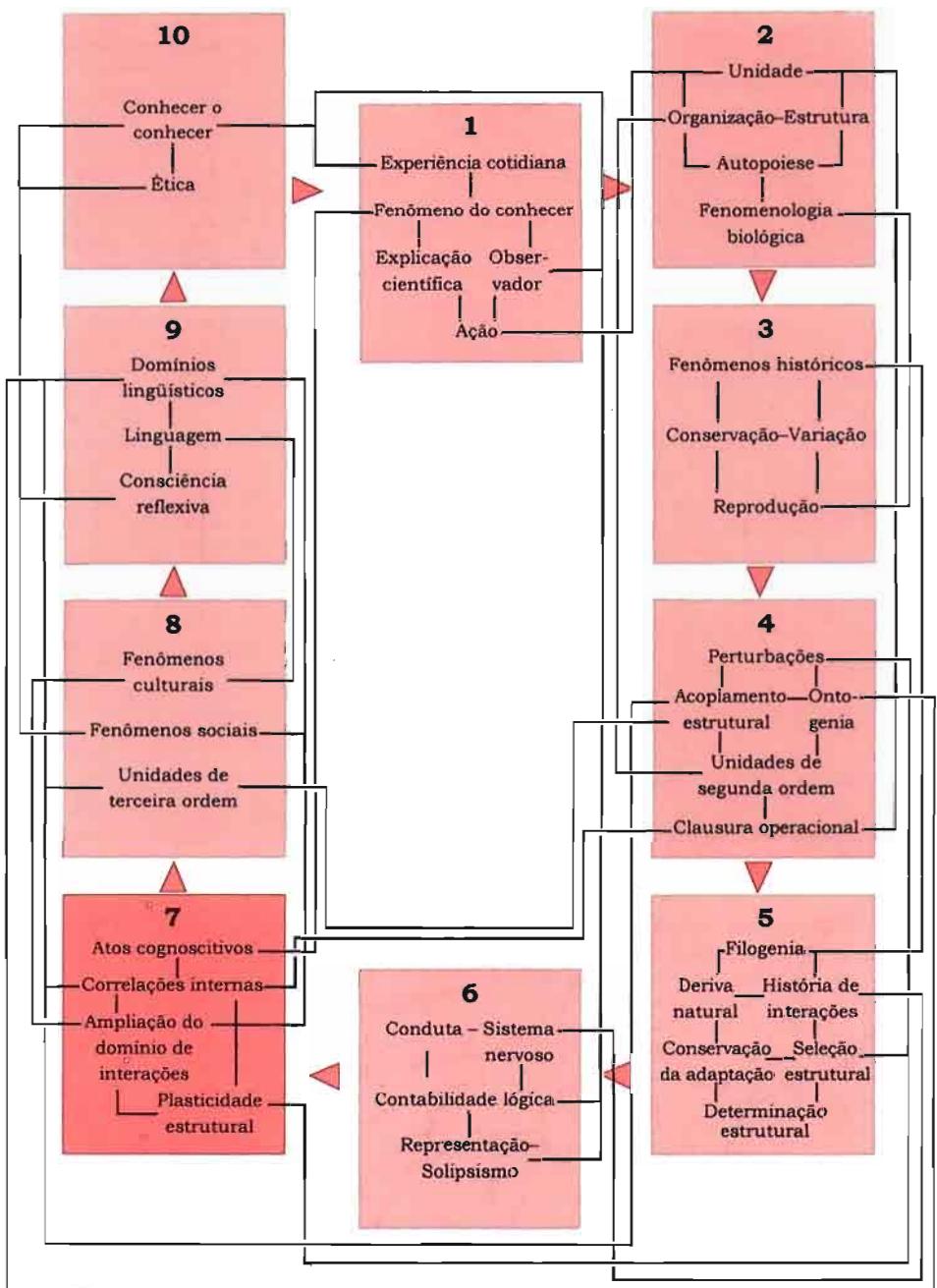
CONDUTA

Denominamos *conduta* as mudanças de postura ou posição de um ser vivo que um observador descreve como movimentos ou ações em relação a um determinado meio.

ção que fazemos dos movimentos do organismo no meio que assinalamos. A conduta não é algo que o ser vivo propriamente *faça*, já que nela só acontecem mudanças estruturais internas, e sim algo que nós assinalamos. Uma vez que as mudanças de estado de um organismo (com ou sem sistema nervoso) dependem de sua estrutura, e esta de sua história de acoplamento estrutural, as mudanças de estado do organismo serão necessariamente congruentes ou comensuráveis com seu meio, não importando quais condutas ou meios descritos. Por esse motivo, a conduta, ou configuração particular de movimentos, parecerá ou não adequada dependendo do meio em que a descrevemos. O sucesso ou fracasso de uma conduta é sempre definido pelo âmbito de expectativas delimitado pelo observador. Se o leitor adotar os mesmos movimentos e a mesma postura para ler este livro no meio do deserto do Atacama, sua conduta será não só excêntrica, como também patológica.

Portanto, a conduta dos seres vivos não é uma invenção do sistema nervoso, e não está associada exclusivamente a ele, pois o observador observará condutas em qualquer ser vivo em seu meio. O que o sistema nervoso faz é *expandir* o domínio de possíveis condutas, ao dotar o organismo de uma estrutura tremendamente versátil e plástica. Esse é o tema do próximo capítulo.





7

O SISTEMA NERVOSO E A COGNIÇÃO

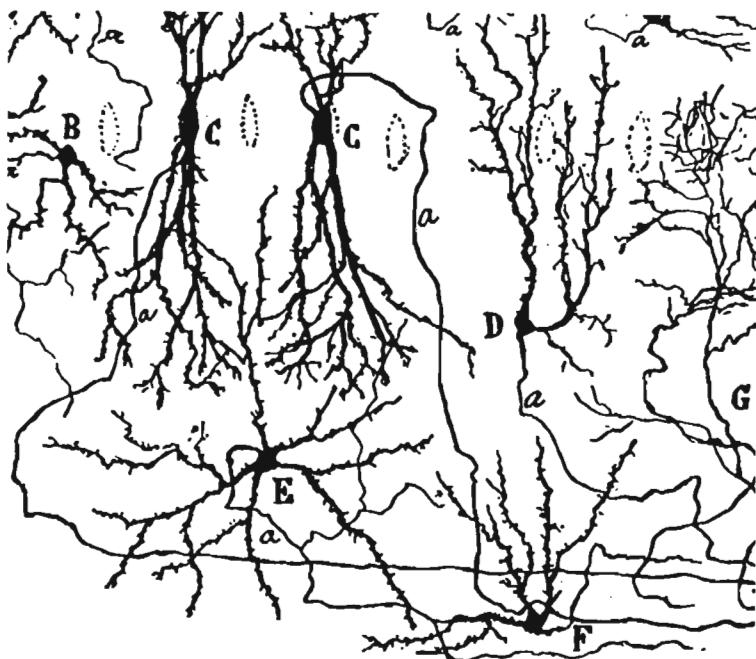


Figura 37. Neurônios cerebrais desenhados por Santiago Ramón y Cajal.

Neste capítulo queremos examinar *de que maneira* o sistema nervoso expande os domínios de interação de um organismo. Vimos que a conduta não é uma invenção do sistema nervoso. Ela é própria de qualquer unidade considerada num meio, onde especifica um domínio de perturbações e mantém sua organização como resultado das mudanças de estado desencadeadas pelas perturbações.

É importante ter isso em mente, já que costumamos ver a conduta como algo próprio aos animais com sistemas nervosos. Todavia, as associações costumeiras com a palavra “conduta” são com ações tais como caminhar, comer, procurar etc. Todas essas atividades, normalmente associadas à noção de conduta, têm em comum a noção de *movimento*. No entanto, o movimento, seja sobre a terra seja na água, não é universal entre os seres vivos. Muitas formas resultantes da deriva natural não apresentam movimento.

História natural do movimento

Consideremos, por exemplo, a planta da Figura 38. Quando cresce fora d’água, a sagitária tem a forma ilustrada acima. Mas quando o nível da água sobe, submergindo-a, a planta muda de estrutura dentro de poucos dias e assume sua forma aquática, ilustrada abaixo. A situação é inteiramente reversível e ocorre por meio de mudanças estruturais bastante complexas, que envolvem uma forma de diferenciação distinta das diferentes partes da planta. Poderíamos descrever esse caso como conduta, pois existem mudanças estruturais observáveis na forma da planta de modo a compensar certas perturbações recorrentes do meio. No entanto, a situação costuma ser descrita como uma mudança no desenvolvimento da planta, e não como conduta. Por quê?

Comparemos o caso da sagitária com a conduta alimentar da ameba, quando prestes a ingerir um pequeno protozário mediante a extensão de seus pseudópodes (Figura 39). Os pseudópodes são expansões ou digitações do protoplasma associáveis às mudanças na constituição fisico-química local



Figura 38. Sagitária sagitifoliada em suas formas aquática e terrestre.

da matriz e membrana celular. Como resultado, o protoplasma flui em certos pontos e empurra o animal numa ou noutra direção, produzindo os movimentos amebóides. Ao contrário do que ocorre com a sagitária, ninguém hesita em descrever tal situação como conduta.

De nossa perspectiva, é claro que há uma continuidade entre ambos os casos. Ambos são instâncias de conduta. Tende-se a caracterizar como conduta a situação da ameba e não a da sagitária porque na primeira se pode detectar movimento. Ou seja, há uma continuidade entre o movimento da ameba e



Figura 39. Ingestão

a grande diversidade de condutas dos animais superiores que sempre vimos como formas de movimento. Por contraste, as mudanças de diferenciação da sagitária parecem distantes do que reconhecemos como movimento, por serem lentas e parecerem não passar de uma mudança de forma.

Na verdade, do ponto de vista do aparecimento e transformação do sistema nervoso, a possibilidade de movimento é essencial. É isso que torna a história do movimento tão fascinante. Como e por que motivo, é o que veremos no decorrer deste capítulo. Antes, examinemos os casos gerais de uma perspectiva mais abrangente, considerando como o movimento ocorre em todo o âmbito da natureza.

O gráfico da Figura 40 mostra o tamanho de diferentes unidades naturais em função de sua capacidade de movimento, medida em termos das velocidades máximas alcançadas.  Vemos que, nos extremos do grande e do pequeno, tanto as galáxias como as partículas elementares são capazes de movimentos muito rápidos, da ordem de milhares de quilômetros por segundo. No entanto, ao considerar as moléculas grandes, como as que constituem os seres vivos, vemos que seu movi-



J. T. Bonner, *The evolution of culture in animal societies*, Princeton University Press, 1980.

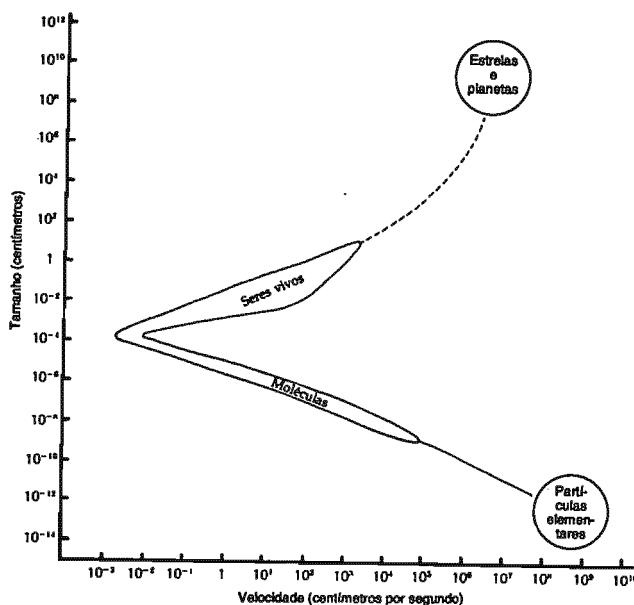


Figura 40. Relações de tamanho e velocidade na natureza.

mento vai se tornando cada vez mais lento com o aumento de seu tamanho e com seu movimento entre outras moléculas que formam um meio viscoso. Por isso, algumas moléculas que contêm muitas proteínas do nosso organismo são tão grandes que seu deslocamento espontâneo é desprezível se comparado à mobilidade das moléculas menores.

É em tais circunstâncias que ocorre, como vimos no Capítulo 2, o aparecimento dos sistemas autopoéticos, possibilitados pela existência de toda essa variedade de moléculas orgânicas grandes. Depois da formação das células de tamanho muito maior, a curva apresenta uma guinada abrupta, assinalando que a história das transformações celulares levou à origem de estruturas como os flagelos ou pseudópodes. Estes permitem um movimento considerável, pois colocam em ação forças muito maiores do que a viscosidade. Além disso, quando da origem dos organismos pluricelulares, alguns deles desenvolvem por meio da diferenciação celular, capacidades locomo-

toras muito mais espetaculares. Assim, um antílope pode correr várias dezenas de quilômetros por hora, apesar de ser muito maior que a pequena molécula que se desloca (em média) à mesma velocidade. Portanto, os metazoários e os organismos unicelulares móveis criam um âmbito de movimento que, para seu tamanho, é único na natureza.

Mas não podemos perder de vista que o aparecimento desse tipo de movimento não é universal nem necessário a todas as formas de seres vivos. As plantas são um caso fundamental, pois resultam de uma deriva natural em que o movimento está essencialmente ausente de seu modo de ser. Isso deve estar relacionado com o fato de as plantas realizarem sua manutenção pela fotossíntese — desde que disponham de nutrientes e água no solo, bem como de gases e luz na atmosfera — o que permite a conservação da adaptação sem grandes e rápidos movimentos. Mas também é certo que a condição sésil é perfeitamente possível sem fotossíntese, como podemos observar em muitos exemplos de linhagens de animais, como os picorocos que, embora descendentes de ancestrais dotados de motilidade, adotaram esse modo de vida ao contar com condições locais de nutrição que lhes permitem a conservação da adaptação, a exemplo do que ocorre com as plantas, sem movimentos durante a maior parte de sua ontogenia.

Para um observador, é evidente que o movimento tem múltiplas possibilidades, muitas das quais realizam nos seres vivos como resultado de sua deriva natural. Assim, os organismos móveis baseiam no movimento não só sua reprodução, como também sua alimentação e modos de interação com o meio. É para esses seres vivos, cuja deriva natural levou ao estabelecimento da mobilidade, que o sistema nervoso adquiriu importância. Veremos agora esse aspecto com mais detalhes.

Coordenação sensório-motora unicelular

Retornemos à ameba prestes a engolir um protozoário. O que ocorre nessa seqüência? Podemos resumir assim: a presença do protozoário gera no meio uma concentração de substâncias capazes de interagir com a membrana da ameba,

desencadeando mudanças de consistência protoplasmica que resultam na formação de um pseudópode. O pseudópode, por sua vez, produz mudanças na posição do animal e o desloca, modificando assim a quantidade de moléculas do meio que interagem com sua membrana. O ciclo se repete, e a seqüência de deslocamento da ameba se dá por meio da manutenção de uma *correlação interna* entre o grau de modificação de sua membrana e as modificações do protoplasma que chamamos de pseudópodes. Ou seja, cria-se uma correlação recorrente ou invariante entre uma área perturbada ou sensorial do organismo e uma superfície motora (ou capaz de produzir deslocamento), que mantém invariável um conjunto de relações internas na ameba.

Outro exemplo pode tornar a idéia mais clara. A Figura 41 mostra um protozoário que possui uma estrutura muito especializada chamada flagelo, que bate de modo a deslocá-lo em seu meio aquoso. Nesse caso, o movimento do flagelo arrasta a célula por trás dele. Ao nadar dessa forma, o protozoário às vezes encontra e se choca com um obstáculo. Ocorre então uma interessante conduta de mudança de direção: o flagelo se dobra ao topa com o obstáculo. Esse dobramento desencadeia mudanças na base do flagelo embutida na célula, que por sua vez desencadeia mudanças no citoplasma, de modo a produzir um leve giro. Ao voltar a bater, o flagelo leva a célula em outra direção. Portanto, vemos o protozoário tocar o obstáculo, torcer-se e evadi-lo. De novo, como no caso da ameba, o que ocorre é a manutenção de uma certa correlação interna entre uma estrutura capaz de admitir certas perturbações (superfície sensorial) e uma estrutura capaz de gerar deslocamentos (superfície motora). O interessante nesse exemplo é que a superfície sensorial e a motora são uma só e, portanto, o acoplamento é imediato.

Vejamos ainda outro exemplo desse acoplamento entre superfícies sensoriais e motoras. Certas bactérias (unicelulares) possuem, assim como alguns protozoários, flagelos de aparência semelhante. Mas, como ilustra a Figura 42, esses flagelos funcionam de maneira muito diferente. Em vez de ba-

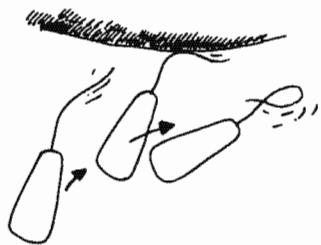


Figura 41. Correlação sensorio-motora no nado de um protozoário.

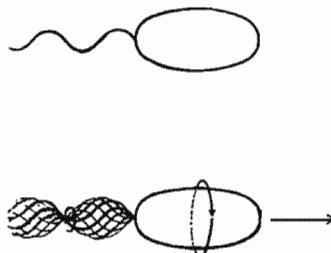


Figura 42. Propulsão flagelar na bactéria.

terem, como no caso acima, simplesmente giram fixos sobre sua base, constituindo uma verdadeira hélice propulsora para a bactéria. Além disso, as rotações tornam ambas as direções possíveis. Mas há uma direção em que a coordenação dos giros resulta num deslocamento nítido da bactéria, enquanto na direção oposta a bactéria apenas dá tombos sem sair do lugar. É possível acompanhar os movimentos dessas bactérias sob o microscópio e ver suas mudanças sob diferentes condições controladas. Se a bactéria é colocada, por exemplo, num meio onde se encontra um grão de açúcar, notamos que ela logo pára de dar tombos, muda a direção de giro dos flagelos e se dirige até a zona de maior concentração de açúcar, seguindo o gradiente de concentração. Como isso ocorre? Acontece que a membrana da bactéria tem moléculas especializadas capazes de interagir especificamente com os açúcares. Quando há uma diferença de concentração numa pequena área ao redor da bactéria, ocorrem mudanças em seu interior que determinam a mudança da direção de giro do flagelo. Em cada momento, portanto, volta a se estabelecer uma correlação estável entre a superfície sensorial e a superfície motora da célula, que permite a esta a conduta nitidamente discriminatória de dirigir-se a zonas de maior concentração de certas substâncias. Tal fenômeno é conhecido como quimiotaxia — um caso de conduta em nível unicelular da qual se conhecem muitos detalhes moleculares.

Ao contrário dessas bactérias, a sagitária e outras plantas não têm uma superfície motora que lhes possibilite o movimento. Com efeito, encontramos entre as bactérias casos que são um tipo de meio-termo entre a capacidade de movimento e a ausência dele. Por exemplo, quando se encontra num meio de alta umidade, o *Caulobacter* se fixa ao solo por meio de um pedestal de tipo vegetal. Mas, durante um período de desidratação, a bactéria se reproduz, e as novas células crescem com um flagelo capaz de transportá-las a outro ambiente de maior umidade.

Correlação sensório-motora multicelular

Vimos com os exemplos anteriores que o movimento nos organismos unicelulares, ou a conduta de deslocamento, baseia-se numa correlação muito específica entre as superfícies sensoriais e as superfícies motoras, responsáveis pelo movimento. Também vimos que essa correlação se dá por meio de processos no interior da célula, ou seja, por transformações metabólicas próprias da unidade celular. Mas o que acontece no caso dos organismos metacelulares?

Examinemos a situação, outra vez, por meio de um exemplo. A Figura 43 mostra a fotografia de uma hidra, como as da lagoa do parque O'Higgins, em Santiago. Esses metazoários pertencem ao grupo dos celenterados, uma linhagem de animais muito antigos e primitivos, formados por uma camada dupla de células em forma de vaso. Alguns tentáculos na borda permitem ao animal movimentar-se na água e capturar outros animais, que ingere e digere mediante a secreção de sucos digestivos. Examinando a constituição celular desse animal, notamos uma dupla camada, uma dando para o interior e a outra para o exterior. Uma dessas superfícies apresenta certa diversidade celular. Algumas células têm projéteis que por elas são lançados ao serem tocadas, enquanto outras possuem vacúolos capazes de secretar líquidos digestivos no interior. Além disso, encontramos na hidra algumas células motoras com fibras contráteis, dispostas tanto em sentido longitudinal como

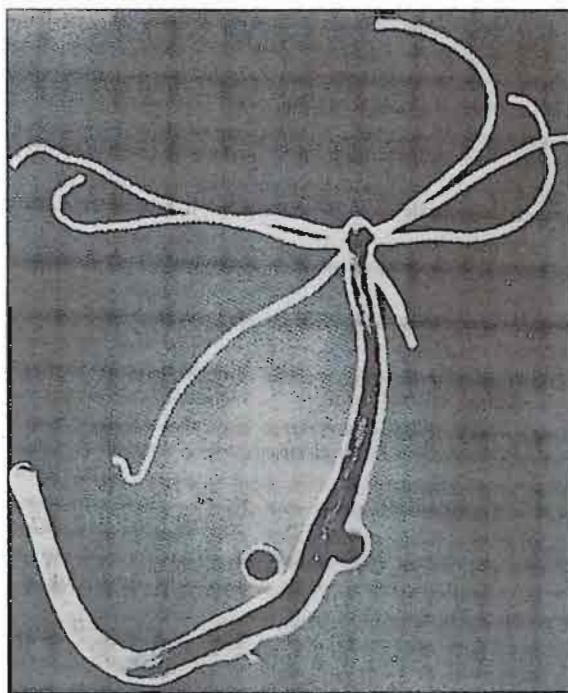


Figura 43. Um pequeno celenterado: a hidra.

radial na parede do animal (Figura 44). Ao se contraírem em diferentes combinações, essas células produzem toda a variedade de movimentos do animal.

É evidente que, para que se produza uma ação coordenada entre as células musculares dos tentáculos e as células secretoras do interior, é necessário algum tipo de acoplamento entre elas. Não basta simplesmente estarem dispostas sobre a camada dupla.

Para entender como se dá esse acoplamento, basta examinar o que há entre as duas camadas celulares. Encontramos algumas células de um tipo muito peculiar, cujos prolongamentos estendem-se por uma distância considerável dentro do animal. Tais células são peculiares porque suas prolongações colocam-nas em contato com elementos celulares topograficamente distantes de um metazoário. São as células ner-

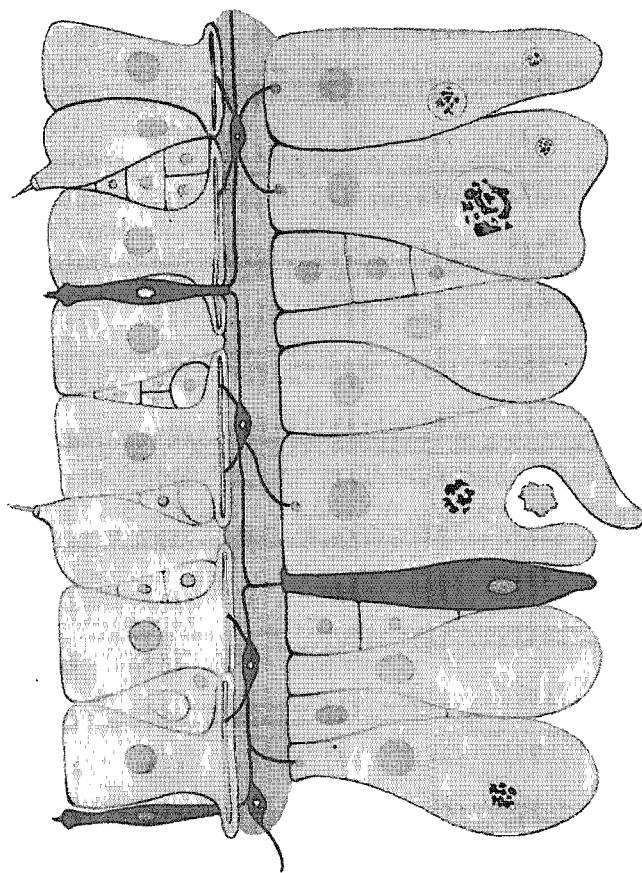


Figura 44. Esquema da diversidade celular dos tecidos da hidra, com os neurônios em destaque.

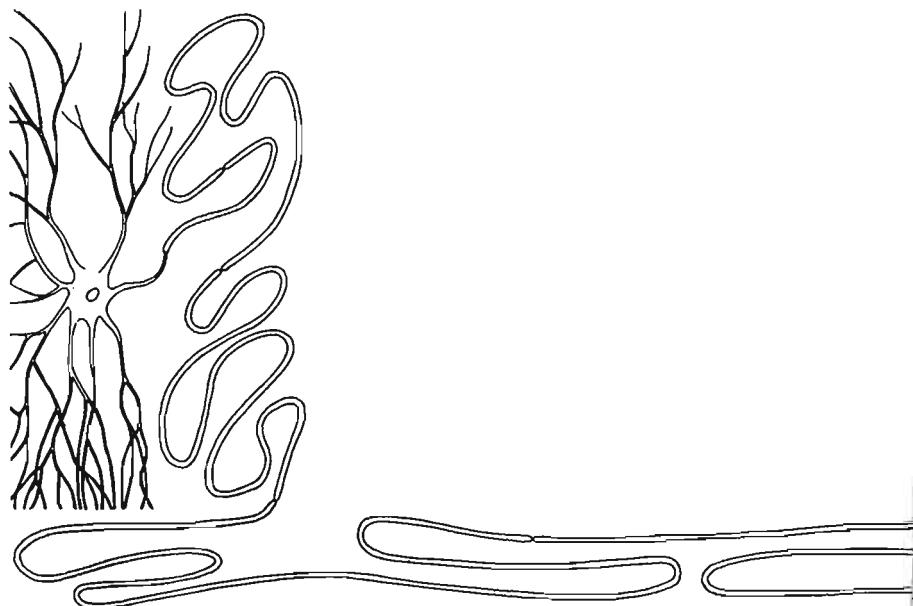
vosas, ou *neurônios*, em sua forma mais simples e primitiva. A hidra possui uma das formas mais rudimentares de sistema nervoso que se conhece, constituída de uma rede que inclui esse tipo peculiar de células, receptores e efetores. De modo geral, o sistema nervoso da hidra parece um verdadeiro emaranhado de interconexões, que se estendem a todos os locais do animal através do espaço entre as células, possibilitando a interação de elementos sensoriais e motores distantes.

Trata-se, em todos os detalhes, da mesma situação que vimos na conduta unicelular: uma superfície sensorial (no caso, células sensoriais), uma superfície motora (no caso, células musculares e secretoras) e vias de interconexão entre as duas superfícies (a rede neural). A conduta da hidra (alimentação, fuga, reprodução etc) resulta das maneiras distintas como as duas superfícies, sensorial e motora, se relacionam dinamicamente entre si, por meio da rede interneuronal que integra o conjunto do sistema nervoso, para constituir o sistema nervoso.

Estrutura neuronal

Os neurônios se distinguem por suas ramificações citoplasmáticas de formas específicas que se estendem por distâncias enormes, alcançando dezenas de milímetros no caso dos maiores. Essa característica neuronal universal, presente em todos os organismos com sistema nervoso, determina o modo

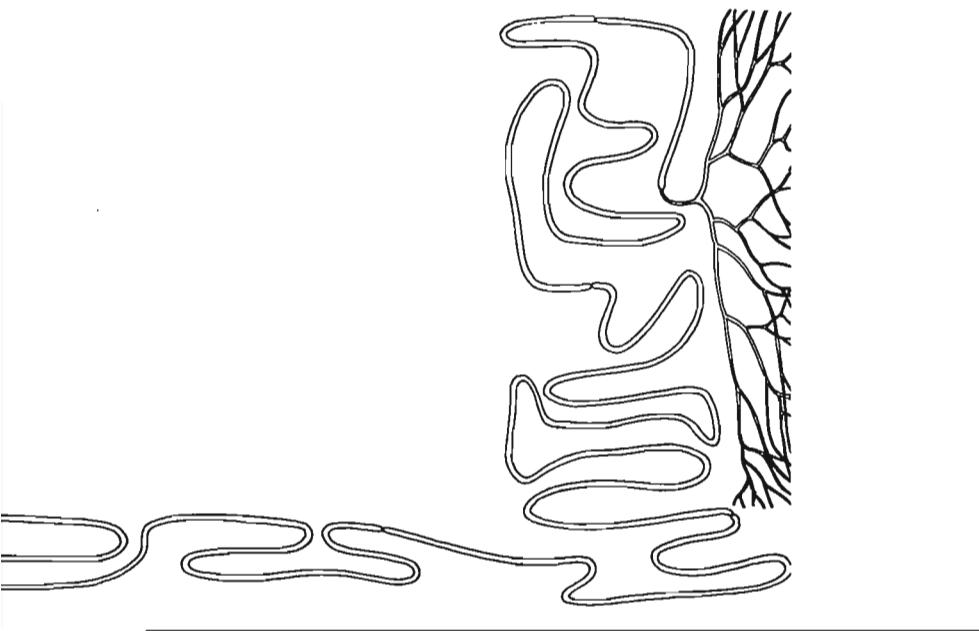
Figura 45. O neurônio e sua extensão.



específico de participação do sistema nervoso nas unidades de segunda ordem que integra, ao colocar em contato elementos celulares situados em diferentes partes do corpo. Não podemos desprezar a delicada série de transformações necessárias ao crescimento de uma célula que, medindo inicialmente poucos milionésimos de metro, adquire ramificações de formas específicas que chegam a alcançar dezenas de milímetros, numa expansão de várias ordens de magnitude (Figura 45).

É por meio de sua presença física que os neurônios acoplam, de muitos modos diferentes, grupos celulares que de outra maneira só poderiam acoplar-se mediante a circulação geral das substâncias internas do organismo. A presença física de um neurônio permite o transporte de substâncias entre duas regiões através de um caminho muito específico, que não afeta células vizinhas, e sua entrega local. A particularidade das conexões e interações que as formas neurais possibilitam são a chave mestra para o funcionamento do sistema nervoso.

As influências recíprocas entre os neurônios são de muitos tipos. O mais conhecido é uma descarga elétrica que se



propaga pelo prolongamento neural chamado “axônio” com a velocidade de um rastilho de pólvora. Por isso, é comum ouvirmos que o sistema nervoso é um órgão que funciona à base de trocas elétricas. Mas isso é apenas parcialmente correto, já que os neurônios não só interagem por meio de trocas elétricas, mas também, e de modo constante, por meio de substâncias que se transportam no interior do axônio. Quando liberadas (ou recolhidas) nos terminais, tais substâncias desencadeiam mudanças de diferenciação e crescimento nos neurônios, nos efetores ou nos sensores a que se ligam.

A que tipo de células os neurônios se conectam? Na verdade, a quase todos os tipos celulares de um organismo, embora o mais comum é que cheguem com suas expansões até outros neurônios. Essas expansões nervosas muito especializadas são conhecidas como “dendrites” e “terminais axônicos”.

Entre essas zonas e os corpos celulares estabelecem-se contatos conhecidos como “sinapse”, que é o ponto onde se produzem efetivamente as influências mútuas no acoplamento entre um neurônio e o outro com que fez contato. As sinapses, portanto, constituem as estruturas efetivas que permitem ao sistema nervoso realizar as interações específicas entre grupos celulares distantes.

Embora no sistema nervoso a maioria esmagadora dos contatos sinápticos seja entre neurônios, naturalmente estes realizam sinapses com muitos outros tipos celulares do organismo. Tal é o caso das células que designamos coletivamente de superfície sensorial. Na hidra, por exemplo, a superfície sensorial incluiria todas as células capazes de reagir a perturbações específicas, quer do ambiente (tais como as células com projéteis), quer do próprio organismo (tais como as células quimiorreceptoras). Do mesmo modo, existem neurônios que se conectam com células da superfície motora, especialmente dos músculos, numa configuração muito precisa. Resumindo, o sistema neuronal se inseriu no organismo por meio de conexões múltiplas entre muitos tipos celulares, funcionando como uma rede de interconexões neuroniais entre as superfícies sensoriais e motoras e constituindo o conjunto que chamamos de sistema nervoso.

A rede interneural

Essa arquitetura fundamental do sistema nervoso é universal e válida não só para a hidra como para todos os vertebrados superiores, incluindo o homem. A única diferença reside não na organização fundamental da rede geradora de correlações sensório-motoras, mas na forma com que essa rede se implementa, mediante neurônios e conexões que variam de uma espécie animal a outra. Com efeito, um cadastro dos tipos neurais que encontramos nos sistemas nervosos dos animais apresenta uma enorme diversidade. Algumas dessas variedades neurais são mostradas na Figura 47. Além disso, se pensarmos que no cérebro humano existem certamente mais de 10^{10} , e talvez mais de 10^{11} neurônios (dezenas de bilhões), e que cada um deles recebe contatos múltiplos de outros neurônios que, por sua vez, se conectam com muitas células, a combinatoria de possíveis interações é mais que astronômica.

Mas é bom insistir: a organização básica de um sistema nervoso tão imensamente complexo como o do homem segue, na essência, a mesma lógica que o da humilde hidra. Na série de transformações das linhagens que vão da hidra aos mamíferos, os desenhos que vemos são variações sobre um mesmo tema. Nos vermes, por exemplo, o tecido nervoso, entendido como uma rede de neurônios, é como um compartimento em forma de cordão, separado dentro do animal, com nervos por onde passam conexões que se comunicam com as superfícies sensoriais e motoras (Figura 48). Cada variação do estado motor do animal será produto de uma certa configuração de atividade em certos grupos de neurônios que se conectam aos músculos (neurônios motores). Mas tal atividade motora gera mudanças múltiplas, tanto nas células sensoriais situadas nos músculos como em outras partes do corpo, na superfície de contato com o meio e nos próprios neurônios motores, em um processo realizado por meio de mudanças na mesma rede de neurônios interpostos, ou *interneurônios*, que os interconecta. Desse modo, há uma contínua correlação sensório-motora, determinada e mediada pela configuração da atividade da rede interneural. Já que pode haver um número praticamente ilimi-

SINAPSE

A sinapse é o ponto de contato estreito que existe entre um neurônio e outro, ou entre neurônios e outras células, como na sinapse neuromuscular. Nesses pontos, as membranas de ambas as células se aderem estreitamente. Neles, as membranas são especializadas para a secreção de moléculas especiais, os neurotransmissores. Um impulso nervoso percorre o neurônio e chega finalmente a uma terminação sináptica, produzindo a secreção do neurotransmissor que cruza o espaço entre as membranas desenca-deando uma permuta elétrica na célula receptora. Somente especializações como essas possibilitem aos neurônios, bem como a outras células, uma influência mútua e localizada, e não difusa ou generalizada, como ocorreria se as interações se dessem por permutas de concentração entre algumas moléculas na corrente sanguínea.

Sobre cada neurônio, em sua árvore dendrítica, há muitos milhares de terminações sinápticas de centenas de neurônios

distintos. Cada uma das terminações faz uma contribuição pequena à permuta total de atividade elétrica do neurônio a que se conecta. Além disso, cada neurônio é capaz de influenciar quimicamente a estrutura de todos os neurônios que a ele se conectam (Figura 46), por meio da difusão de metabólitos que saem e penetram as superfícies sinápticas e se elevam pelos axônios até os respectivos corpos celulares. Desse duplo tráfego elétrico metabólico depende, a cada momento, o estado de atividade e o estado estrutural de cada neurônio do sistema nervoso.

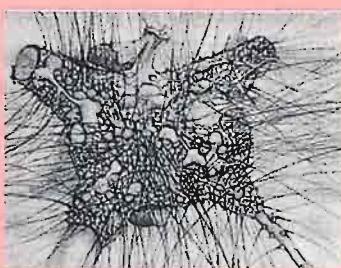


Figura 46. Reconstrução tridimensional de todos os contatos sinápticos que o corpo celular recebe de um neurônio motor da medula espinhal.



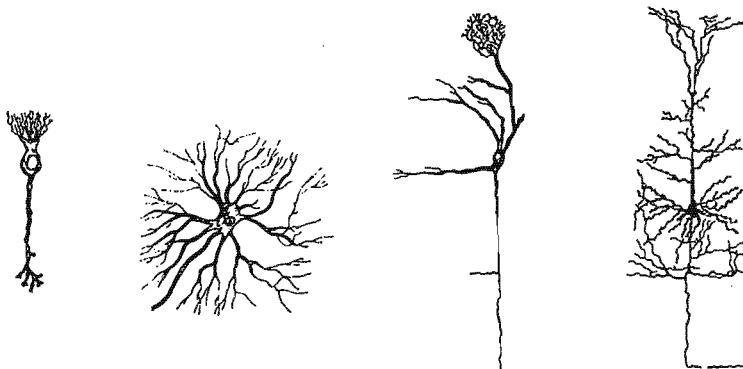


Figura 47. Diversidade neural (da esquerda para a direita): célula bipolar da retina, corpo celular de neurônio motor da medula espinhal, célula mitral do bulbo olfatório, célula piramidal do córtex cerebral de um mamífero.

tado de estados possíveis dentro dessa rede, as condutas possíveis do organismo também podem ser praticamente ilimitadas.

Esse é o mecanismo-chave por meio do qual o sistema nervoso expande o domínio de interações do organismo: *acopla as superfícies sensoriais e motoras mediante uma rede de neurônios cuja configuração pode ser muito variada*. É um mecanismo altamente simples, mas que, uma vez estabelecido, permitiu à filogenia dos metazoários uma imensa variedade e diversificação de domínios comportamentais. De fato, os sistemas nervosos das diferentes espécies se diferenciam essencialmente apenas nas configurações específicas de suas redes interneurais.

No caso do homem, cerca de 10^{11} (cem bilhões) de interneurônios interconectam cerca de 10^6 (um milhão) de neurônios motores, que ativam alguns poucos milhares de múscu-

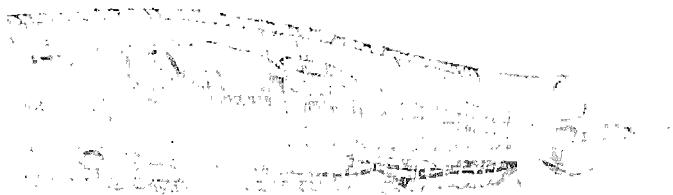


Figura 48. Desenho do sistema nervoso de uma lombriga (*Tubulanus annulata*), mostrando o agrupamento de neurônios numa corda ventral com uma porçãocefálica volumosa.

los, com cerca de 10^7 (dezenas de milhões) de células sensoriais distribuídas como superfícies receptoras em vários locais do corpo. Entre os neurônios motores e sensoriais situa-se o cérebro, como uma gigantesca massa de interneurônios que os interconecta (a uma razão de $10/100.000/1$), numa dinâmica sempre em mutação.

Por exemplo, a Figura 49 mostra um esboço do neurônio sensorial da pele, capaz de responder (eleticamente) a um aumento de pressão sobre esse ponto. O que causa essa atividade? Bem, esse neurônio está ligado ao interior da medula espinhal, onde faz contatos com muitos interneurônios. Entre estes, alguns fazem contato direto com um neurônio motor capaz, por sua atividade, de desencadear a contração de um músculo e assim produzir um movimento. Esse movimento resulta na mudança da atividade sensorial ao diminuir a pressão sobre o neurônio sensorial, restabelecendo assim uma certa relação recíproca entre as superfícies sensoriais e motoras. Do ponto de vista do observador, o que ocorreu foi que a mão se afastou de um estímulo doloroso. Do ponto de vista do sistema nervoso, houve a manutenção de uma certa correlação sensório-motora em seu interior por meio da rede neural. Mas como muitos outros neurônios, originados em outras partes do sistema nervoso (como no córtex cerebral), podem influir sobre os neurônios motores, a conduta de deixar a mão sob o excesso

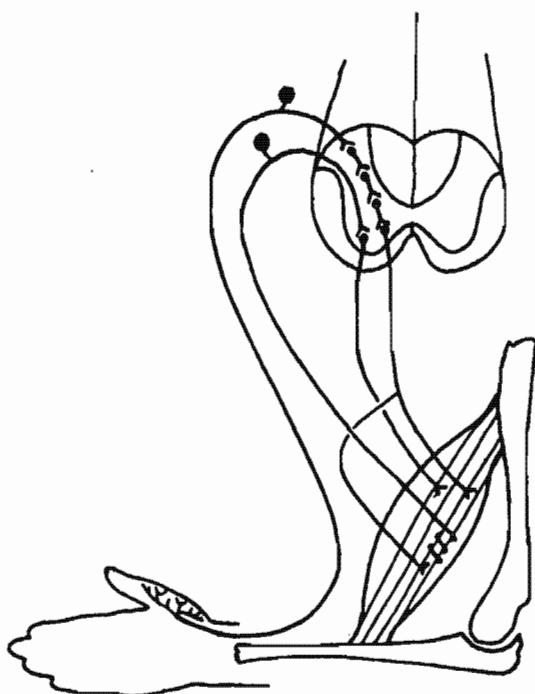


Figura 49. Correlação sensório-motora no movimento do braço.

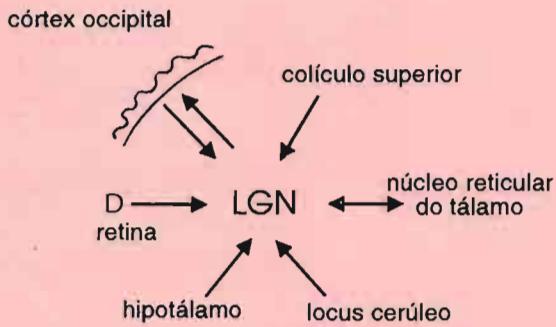
de pressão também é possível. Mas isso causaria o estabelecimento de um novo equilíbrio interno, implicando outros grupos neuronais mais diversos do que no caso da retirada da mão.

Vamos imaginar, a partir de situações específicas como a anterior, um organismo funcionando normalmente. A todo momento descobriremos que o sistema nervoso está operando segundo múltiplos ciclos internos de interações neurais (como entre os neurônios motores e as fibras sensoriais dos músculos), numa transformação incessante. Essa imensa atividade é modulada pelas mudanças na superfície sensorial causadas por perturbações que são independentes do organismo (tais como a pressão sobre a pele). Como observadores, estamos acostumados a concentrar a atenção no que é mais acessível, ou seja, nas perturbações externas, e a pensar que estas são determinantes. No entanto, tais perturbações externas, como

CONEXÕES DO SISTEMA VISUAL

O diagrama neste quadro ilustra as múltiplas conexões presentes no núcleo geniculado de um mamífero. Tal núcleo é a principal região de conexões entre a retina e o sistema nervoso central. Os nomes indicados no diagrama correspondem a aglomerados de neurônios em diferentes regiões do sistema nervoso central, incluindo o córtex cerebral. Como está claro, a retina não afeta o cérebro como uma linha telefônica que encontra uma estação de recepção no

NGL, visto que a este convergem simultaneamente muitas outras vias de interconexão. Conseqüentemente, a retina pode modular, mas não especificar, o estado dos neurônios no núcleo geniculado, que depende da totalidade das conexões que recebe de vários lugares distintos do cérebro. Um diagrama semelhante (com outros nomes, é claro) poderia ser traçado para qualquer outro centro do sistema nervoso central.



LGN = núcleo geniculado lateral

acabamos de dizer, podem somente modular as constantes oscilações dos equilíbrios internos. É uma idéia importante que podemos ilustrar com o funcionamento do sistema visual. Geralmente consideramos a percepção visual como uma operação sobre a imagem que se forma na retina, cuja representação será em seguida transformada no interior do sistema nervoso. No entanto, tal abordagem representacionista do fenômeno visual fica abalada tão logo compreendemos que, para cada neurônio da retina projetado sobre nosso córtex visual, há mais de

cem neurônios que provêm de outras partes do córtex. E, mesmo antes de chegar ao córtex, quando a projeção da retina entra no cérebro, no chamado núcleo geniculado lateral do tálamo (NGL), este não atua simplesmente como uma estação de passagem da retina até o córtex, já que a esse centro convergem muitos outros centros, com múltiplos efeitos que se superpõem à ação da retina. Notemos no diagrama que uma das estruturas que afetam o NGL é, precisamente, o próprio córtex visual. Ou seja, ambas as estruturas estão interligadas numa relação de efeito mútuo, e não de simples seqüencialidade.

Basta considerar essa estrutura do sistema nervoso (embora não examinando com muitos detalhes as relações de atividade que nele se especificam a cada momento) para nos convencermos de que o efeito de projetar uma imagem sobre a retina não é como uma linha telefônica ligada a um receptor. Seria mais como uma voz (perturbação) somada a muitas vozes numa agitada tarde de transações na bolsa de valores (relações de atividade interna entre todas as projeções convergentes), em que cada participante ouve o que lhe interessa.

Clausura operacional do sistema nervoso

Já dissemos que a conduta é a descrição feita por um observador das mudanças de estado de um sistema em relação a um meio, com o fim de compensar as perturbações que recebe deste. Também dissemos que o sistema nervoso não inventa a conduta, e sim a expande de forma dramática. Agora deve estar mais claro o que queremos dizer com essa expansão — significa que o sistema nervoso surge na história filogenética dos seres vivos como um tecido de células peculiares, que se inserem no organismo de modo a acoplar pontos nas superfícies sensoriais com pontos nas superfícies motoras. Portanto, com a rede de neurônios mediando o acoplamento, amplia-se o campo de possíveis correlações sensório-motoras do organismo e expande-se o domínio de condutas.

Fica claro, então, que a superfície sensorial inclui não só as células que vemos externamente como receptoras capazes de ser perturbadas pelo meio, como também todas as célu-

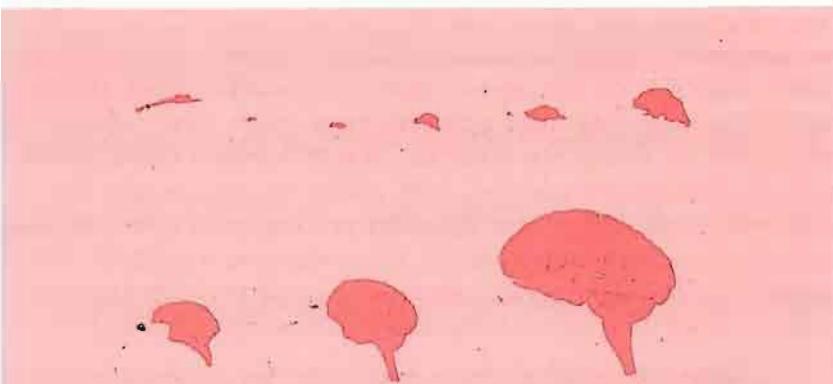


Figura 50. Tamanho relativo da porção cefálica do sistema nervoso em vários animais.

HISTÓRIA NATURAL DO SISTEMA NERVOSO



Nos celenterados (a hidra), o sistema nervoso distribui-se uniformemente por todo o organismo. Não é assim com outros animais, como os mamíferos. Há duas tendências fundamentais na transformação do sistema nervoso na história dos seres vivos: 1) reunir os neurônios num compartimento (cordão nervoso), ou 2) concentrar um volume maior de neurônios no extremo cefálico (cefalização). Assim, nos animais segmentados, como as lombrigas, o sistema nervoso é tipicamente

concentrado em grupos celulares em forma de gânglios distribuídos segmentalmente ao longo de todo o animal, mas interconectados entre si por uma leve concentração cefálica. Em outros animais, a concentração cefálica pode ser enorme, como se vê claramente na lagosta, e mais ainda no homem.

O resultado é que o operar do sistema nervoso se diversifica tremendo com o aumento da variedade dos modos de interação neural, acarretando o crescimento da porção cefálica, como mostram todas as linhagens de vertebrados, cefalópodes e insetos (Fig. 44). Em outras palavras, o aumento da massa cefálica amplia enormemente as possibilidades de plasticidade estrutural do organismo, o que é fundamental para a capacidade de aprendizagem, como veremos adiante.

las capazes de influenciar o estado da rede neural. Assim, por exemplo, há células quimiorreceptoras em algumas artérias capazes de ser modificadas especificamente por mudanças de concentração no meio sanguíneo de um vertebrado. Tais células, por sua vez, modificam certos neurônios que contribuem, com sua mudança de atividade, para as mudanças de estados globais de toda a rede, podendo resultar ou não em mudanças em algum ponto das superfícies motoras. Por exemplo, uma queda do nível de glicose no sangue pode, dependendo de certas correlações internas, causar a secreção de mais insulina pelas células do pâncreas, mantendo a correlação sangüínea de glicose dentro de certos limites.

Assim, o sistema nervoso contribui para ou participa do operar de um metazoário ao se constituir, por meio de múltiplos circuitos entrelaçados, num mecanismo que conserva as constâncias internas essenciais para a organização do organismo como um todo.

É assim que podemos definir o sistema nervoso, quanto à sua organização, como dotado de uma clausura operacional — ou seja, o sistema nervoso constitui-se de tal forma que, sejam quais forem suas mudanças, estas geram outras mudanças dentro de si mesmo. Seu operar consiste em manter invariáveis certas relações entre seus componentes diante das contínuas perturbações que geram, tanto na dinâmica interna como nas interações do organismo que integra. Em outras palavras, o sistema nervoso funciona como uma rede fechada de mudanças de relações de atividade entre seus componentes.

Quando experimentamos uma pressão excessiva sobre um ponto do corpo, podemos dizer como observadores: "Aha! A contração deste músculo fará com que meu braço levante." Mas, do ponto de vista do sistema nervoso propriamente dito (como no caso do piloto do submarino), o que ocorre é somente a manutenção de certas relações entre elementos sensoriais e motores que foram temporariamente perturbados pela pressão externa. A relação interna que se mantém, nesse caso, é relativamente simples: trata-se do equilíbrio entre a atividade sensorial e o tono muscular. O que determina o equilíbrio do tono muscular em re-

lação ao restante da atividade do sistema nervoso, é difícil explicar de modo sucinto. Mas, em princípio, toda conduta é uma visão externa da dança das relações internas do organismo. Encontrar, em cada caso, os mecanismos precisos de tais coerências neurais é a tarefa explícita do investigador.

O que dissemos mostra que o operar do sistema nervoso é plenamente consistente com sua participação numa unidade autônoma, em que todo estado de atividade leva a outro estado de atividade nela própria, pois seu operar é circular, dentro de uma clausura operacional. Portanto, por sua própria arquitetura, o sistema nervoso não contradiz o caráter autônomo do ser vivo, e sim o ressalta. Começamos a ver com clareza os modos como todo processo do conhecer funda-se necessariamente no organismo como uma unidade e no fechamento operacional de seu sistema nervoso. Daí que todo conhecer é fazer, como correlações sensório-efetoras nos domínios de acoplamento estrutural em que o sistema nervoso existe.

Plasticidade

Já mencionamos várias vezes que o sistema nervoso está em contínua mudança estrutural — ou seja, é dotado de plasticidade. Na verdade, essa dimensão do sistema nervoso é fundamental na sua participação da constituição de um organismo. A plasticidade se traduz nos seguintes termos: o sistema nervoso, ao participar por meio dos órgãos sensoriais e efeatores dos domínios de interação do organismo que selecionam a mudança estrutural deste, participa da deriva estrutural do organismo com conservação de sua adaptação.

Mas a mudança estrutural do sistema nervoso normalmente não ocorre sob a forma de mudanças radicais em suas grandes linhas de conexão. Estas, em geral, são invariantes e costumam ser as mesmas em todos os indivíduos de uma espécie. Entre o zigoto fertilizado e o adulto, no processo de desenvolvimento e diferenciação celular, os neurônios, ao se multiplicar, vão se ramificando e interligando segundo uma arquitetura própria da espécie. Como isso ocorre, segundo proces-

O CÉREBRO E O COMPUTADOR

É interessante: a clausura operacional do sistema nervoso não permite que seu operar caia em nenhum dos dois extremos, representacionista ou solipsista.

Não é solipsista porque, como parte do organismo, o sistema nervoso participa das interações deste com o meio. Tais mudanças desencadeiam constantemente mudanças estruturais que modulam a dinâmica de estados do sistema nervoso. Com efeito, é basicamente por isso que nós, como observadores, vemos as condutas animais em geral como adequadas às suas circunstâncias. Eles não se comportam como se estivessem seguindo sua própria programação, independentemente do meio. É assim apesar do fato de que, para o operar do sistema nervoso, não existe fora nem dentro, e sim apenas a manutenção das correlações próprias que estão em contínua mutação (como os instrumentos indicadores do submarino do nosso exemplo). Tampouco é representacionista, já que em cada interação é o estado estrutural do sistema nervoso que especifica quais perturbações são possíveis e quais mudanças podem desencadear em sua dinâmica de estados. Seria um erro, portanto, definir o sistema nervoso como dotado de entradas ou saídas no sentido tradicional —

ou seja, tais entradas e saídas fariam parte da definição do sistema, como ocorre com o computador e outras máquinas criadas pela engenharia. Isso é totalmente razoável na criação de uma máquina com a qual se deseja interagir. Mas o sistema nervoso (e o organismo) não foi projetado por ninguém. É o resultado de uma deriva filogenética de unidades centradas em sua própria dinâmica de estados. Adequado é, portanto, reconhecer o sistema nervoso como uma unidade definida por suas relações internas, cujas interações só modulam sua dinâmica estrutural, dentro de sua clausura operacional. Dito de outra forma, ao contrário do que se costuma pensar, o sistema nervoso não "capta informações" do meio, e sim produz um mundo ao especificar que configurações do meio são perturbações e que mudanças estas desencadeiam no organismo. A metáfora tão em voga do cérebro como um computador é não só ambígua como francamente equivocada.



sos de exclusiva determinação local, é um dos maiores enigmas da biologia moderna.

Onde ocorrem as mudanças estruturais, se não nas grandes linhas de conexão? A resposta é que ocorrem não nas conexões que unem grupos de neurônios, e sim nas características locais dessas conexões. Ou seja, as mudanças se dão no nível das ramificações finais e das sinapses. Nesses pontos, as mudanças moleculares provocam mudanças na eficácia das interações sinápticas, que podem transformar drasticamente o modo de operar das grandes redes neurais.

Imaginemos, por exemplo, o seguinte experimento. Localizamos um dos músculos grandes que acionam os dedos de um rato e isolamos o nervo que desce da medula espinhal e o atravessa. Em seguida, cortamos o nervo e deixamos que o animal se recupere. Depois de algum tempo, reabrimos o animal e examinamos o músculo. Vemos que está atrofiado e reduzido. No entanto, não alteramos de modo algum sua alimentação e irrigação sangüínea. Só cortamos o trânsito elétrico e químico que normalmente existe entre o músculo e o nervo a que se liga. Se deixarmos que o nervo volte a crescer e reintegre o músculo, este se recuperará de sua atrofia. Outros experimentos revelam que algo parecido ocorre entre muitos (se não todos) elementos neurais que compõem o sistema nervoso. O nível de atividade e o trânsito químico entre duas células — nesse caso uma muscular e outra neural — modulam a eficácia e o modo de interação que ocorre entre elas durante sua mudança contínua. Ao cortar o nervo, desvendamos esse dinamismo de modo dramático.

A plasticidade do sistema nervoso explica-se pelo fato de os neurônios não estarem interligados como se fossem cabos com suas respectivas tomadas. Os pontos de interações entre as células são delicados equilíbrios dinâmicos, modulados por um sem-número de elementos desencadeadores de mudanças estruturais locais. Estas são produzidas pela atividade dessas mesmas células e de outras cujos produtos viajam pela corrente sangüínea e banham os neurônios, tudo como parte da dinâmica de interações do organismo em seu meio.

Todo sistema nervoso conhecido apresenta algum grau de plasticidade. Mas nos insetos, por exemplo, parece que a plasticidade é muito mais limitada, em parte pelo número menor de neurônios e por seu tamanho mais reduzido. Logo, o fenômeno da mudança estrutural se manifesta com mais força entre os vertebrados, particularmente entre os mamíferos. Assim, toda interação, todo acoplamento afeta o operar do sistema nervoso devido às mudanças estruturais que desencadeia nele. Toda experiência particularmente nos modifica, ainda que às vezes as mudanças não sejam de todo visíveis.

Percebemos isso em termos de conduta. Não temos, hoje em dia, um quadro exato das mudanças estruturais do sistema nervoso dos vertebrados envolvidas nessa plasticidade. Tampouco há uma descrição clara de como a constante especificação do modo de interação neural provoca as mudanças bem definidas que observamos na conduta. Mais uma vez, trata-se de uma das áreas mais importantes de pesquisa na neurobiologia atual.

No entanto, sejam quais forem os mecanismos precisos que intervêm nessa constante transformação microscópica da rede neural durante as interações do organismo, as mudanças não podem nunca ser localizadas nem vistas como algo próprio acada experiência (por exemplo, nunca encontraremos "a" lembrança do nome de um cachorro em sua cabeça). Isso é impossível, em primeiro lugar, porque as mudanças estruturais desencadeadas no sistema nervoso são, forçosamente, distribuídas como resultado de mudanças de atividade relativa na rede neural. Em segundo lugar, porque a conduta de responder a um nome é uma descrição feita por um observador de certas ações resultantes de configurações sensório-motoras que, por uma necessidade de seu operar interno, envolvem (estritamente falando) todo o sistema nervoso.

A riqueza plástica do sistema nervoso não reside em sua produção de representações "engramas" das coisas do mundo, mas em sua contínua transformação, que permanece congruente com as transformações do meio, como resultado de cada interação que efetua. Do ponto de vista do observador,

isso se mostra como uma aprendizagem adequada. Mas o que ocorre é que os neurônios, o organismo que integram e o meio em que este interage operam reciprocamente como seletores de suas correspondentes mudanças estruturais, acoplando-se estruturalmente entre si. O operar do organismo, incluindo o sistema nervoso, seleciona as mudanças estruturais que lhe permitem continuar operando sem se desintegrar.

O observador vê o organismo se mover adequadamente num meio em transformação e chama isso de aprendizagem. Para ele, as mudanças estruturais que ocorrem no sistema nervoso parecem corresponder às circunstâncias das interações do organismo. Para o operar do sistema nervoso, em contrapartida, existe apenas uma deriva estrutural contínua, que segue o curso que, a cada momento, conserva o acoplamento estrutural (adaptação) do organismo a seu meio de interação.

Condutas inatas e condutas aprendidas

Dissemos muitas vezes, e é preciso frisar bem, que toda conduta é um fenômeno relacional que nós, como observadores, notamos entre o organismo e seu meio. No entanto, o âmbito de possíveis condutas de um organismo é determinado por sua estrutura, já que é esta que especifica seus domínios de interações. Por esse motivo, toda vez que se desenvolvem, nos organismos de uma mesma espécie, certas estruturas *independentes* das peculiaridades de suas histórias de interações, diz-se que tais estruturas são determinadas geneticamente, e que as condutas que tornam possíveis (se for o caso) são *instintivas*. Quando um bebê, pouco depois de nascer, suga o seio da mãe, essa ação é independente de ele ter nascido por parto natural ou cesariana, ou num luxuoso hospital da metrópole ou no interior.

Ao contrário, se as estruturas que tornam possível uma certa conduta entre os membros de uma espécie se desenvolvem somente se há uma história particular de interações, diz-se que as estruturas são *ontogênicas* e que as condutas são *aprendidas*. As meninas-lobo do capítulo anterior

não viveram as interações sociais como todas as crianças, e a conduta de correr sobre os dois pés, por exemplo, não se desenvolveu. Até para algo tão elementar como correr dependemos do contexto humano, que nos cerca como o ar que respiramos.

Notem bem que as condutas inatas e as adquiridas são, como condutas, indistinguíveis em sua natureza e realização. A distinção está na história das estruturas que as tornaram possíveis e, portanto, só poderemos classificá-las como uma ou outra se tivermos acesso à história estrutural pertinente. Não podemos fazer tal distinção observando o operar do sistema nervoso no presente.

Atualmente tendemos a considerar o aprendizado e a memória como fenômenos de mudança de conduta que ocorrem quando se “capta” ou se recebe algo do meio, o que implica supor que o sistema nervoso funcione com representações. Já vimos como tal suposição obscurece e complica tremendamente o entendimento dos processos cognitivos. Tudo o que dissemos sugere que a aprendizagem é uma expressão do acoplamento estrutural, que sempre manterá uma compatibilidade entre o operar do organismo e o meio. Quando nós, como observadores, examinamos uma seqüência de perturbações compensadas pelo sistema nervoso de uma das muitas maneiras possíveis, parece-nos que ele internalizou algo do meio. Mas, como sabemos, adotar essa descrição seria perder a contabilidade lógica: seria tratar algo que é útil para nossa comunicação entre observadores como um elemento operacional do sistema nervoso. Descrever a aprendizagem como uma internalização do meio confunde as coisas, pois sugere que na dinâmica estrutural do sistema nervoso há fenômenos que existem apenas no domínio de descrições de alguns organismos capazes de linguagem, como nós.

Conhecimento e sistema nervoso

No capítulo anterior, falamos de domínios de condutas. Agora, ao tratar da organização fundamental do sistema nervo-



CONHECIMENTO

Falamos em conhecimento toda vez que observamos uma conduta efetiva (ou adequada) num contexto assinalado — ou seja, num domínio que definimos com uma pergunta (explícita ou implícita), que formulamos como observadores.

so, ficaremos mais próximos dos fenômenos cotidianos que designamos como atos de conhecimento e entenderemos melhor o que significa dizer que um ato é cognitivo.

Se refletirmos sobre os critérios que utilizamos para dizer que alguém *tem* conhecimento, veremos que o que buscamos é uma ação efetiva no domínio em que se espera uma resposta. Ou seja, esperamos uma conduta efetiva em algum contexto que delimitamos ao fazer a pergunta. Assim, duas observações do mesmo sujeito, sob as mesmas condições, mas feitas com perguntas diferentes, podem atribuir valores cognitivos distintos ao que se observa como a conduta do sujeito.

Uma história real ilustra isso claramente. Em certa ocasião, um jovem estudante de uma universidade encontrou o seguinte problema num exame: “Calcule a altura da torre da universidade usando este altímetro.” O estudante pegou o altímetro e um fio comprido, subiu na torre, amarrou o altímetro ao fio e o deixou cair cuidadosamente até a base da torre. Mediu então o comprimento do fio: trinta metros e quarenta centímetros foi o resultado. O professor, contudo, considerou a resposta errada. O estudante fez um pedido ao diretor da escola e conseguiu outra chance. Novamente, disse o professor: “Calcule a altura da torre da universidade com este altímetro.” O estudante pegou o altímetro, foi aos jardins que cercavam a torre, munido de um goniômetro. Postando-se a uma distância precisa, usou a longitude do altímetro para triangular a torre. O cálculo deu trinta metros e quinze centímetros. O professor

mais uma vez disse que estava errado. O estudante voltou a recorrer, ganhou outra chance, e o problema se repetiu. O estudante utilizou seis procedimentos distintos para calcular a altura da torre com o altímetro, sem nunca usá-lo como altímetro. É evidente que, dentro de um certo contexto de observação, o aluno revelou muito mais conhecimento do que lhe pediram. Mas, dentro do contexto da pergunta do professor, seu conhecimento era inadequado.

Notemos, então, que a avaliação quanto a se há ou não conhecimento se dá sempre num contexto relacional, em que as mudanças estruturais que as perturbações desencadeiam no organismo parecem ao observador como um efeito sobre o meio. É em relação aos efeitos esperados que o observador avalia as mudanças estruturais desencadeadas no organismo. Desse ponto de vista, toda interação de um organismo, toda conduta observada, *pode ser* avaliada por um observador como um ato cognitivo. Da mesma maneira, o viver — a conservação ininterrupta do acoplamento estrutural como ser vivo — é conhecer no âmbito do existir. Aforisticamente, viver é conhecer (viver é ação efetiva no existir como ser vivo).

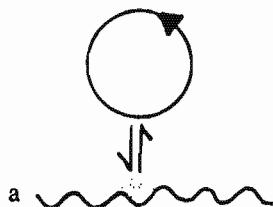
Em princípio, isso bastaria para explicar a participação do sistema nervoso em todas as dimensões cognitivas. No entanto, se quisermos compreender a participação do sistema nervoso em todas as formas particulares da cognição humana, teremos, naturalmente, de descrever todos os processos específicos e concretos que ocorrem na geração de cada uma das condutas humanas em seus distintos domínios de acoplamento estrutural. Para isso, seria necessário examinar detidamente e em todos os detalhes o funcionamento do sistema nervoso do homem, o que foge à intenção deste livro.

Resumindo, o sistema nervoso participa dos fenômenos cognitivos de duas maneiras complementares, relacionadas com seu modo particular de operação: como uma rede neural com clausura operacional e como parte de um sistema metacelular.

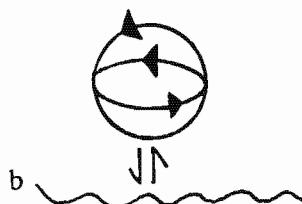
A primeira, e mais óbvia, se dá pela ampliação do domínio de estados possíveis do organismo, resultado da enorme diversidade de configurações sensório-motoras que o sistema

nervoso permite, e que é a chave de sua participação no funcionamento do organismo. A segunda ocorre quando se abrem para o organismo novas dimensões de acoplamento estrutural, tornando-lhe possível associar uma grande diversidade de estados internos à diversidade de interações de que participa.

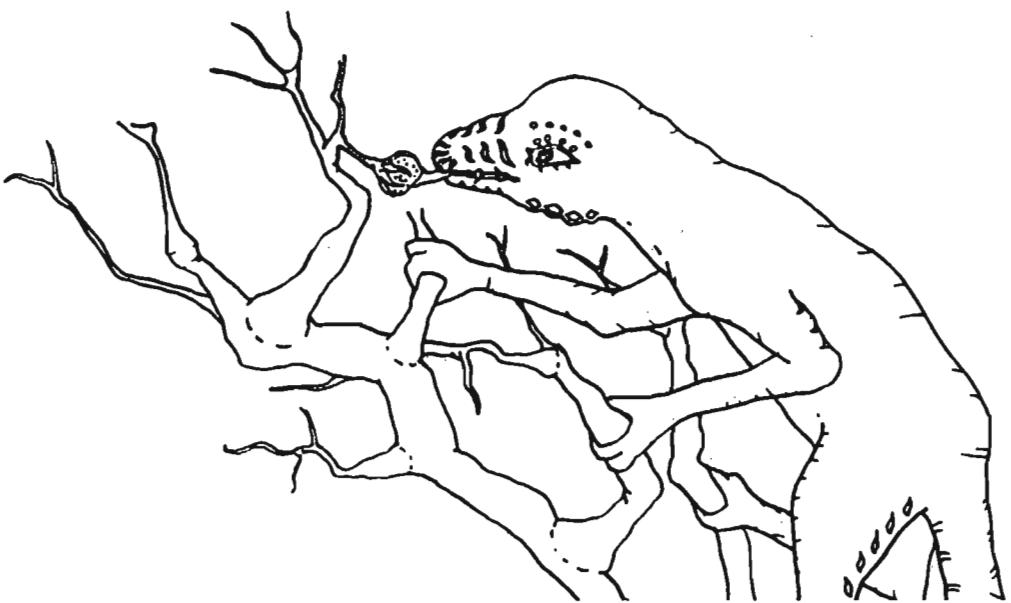
A presença ou ausência do sistema nervoso é o que determina a descontinuidade existente entre organismos com uma cognição relativamente limitada e aqueles capazes de uma diversidade em princípio ilimitada, como o homem. Para assinalar sua importância central, ao símbolo que designa uma unidade autopoiética (celular ou multicelular):

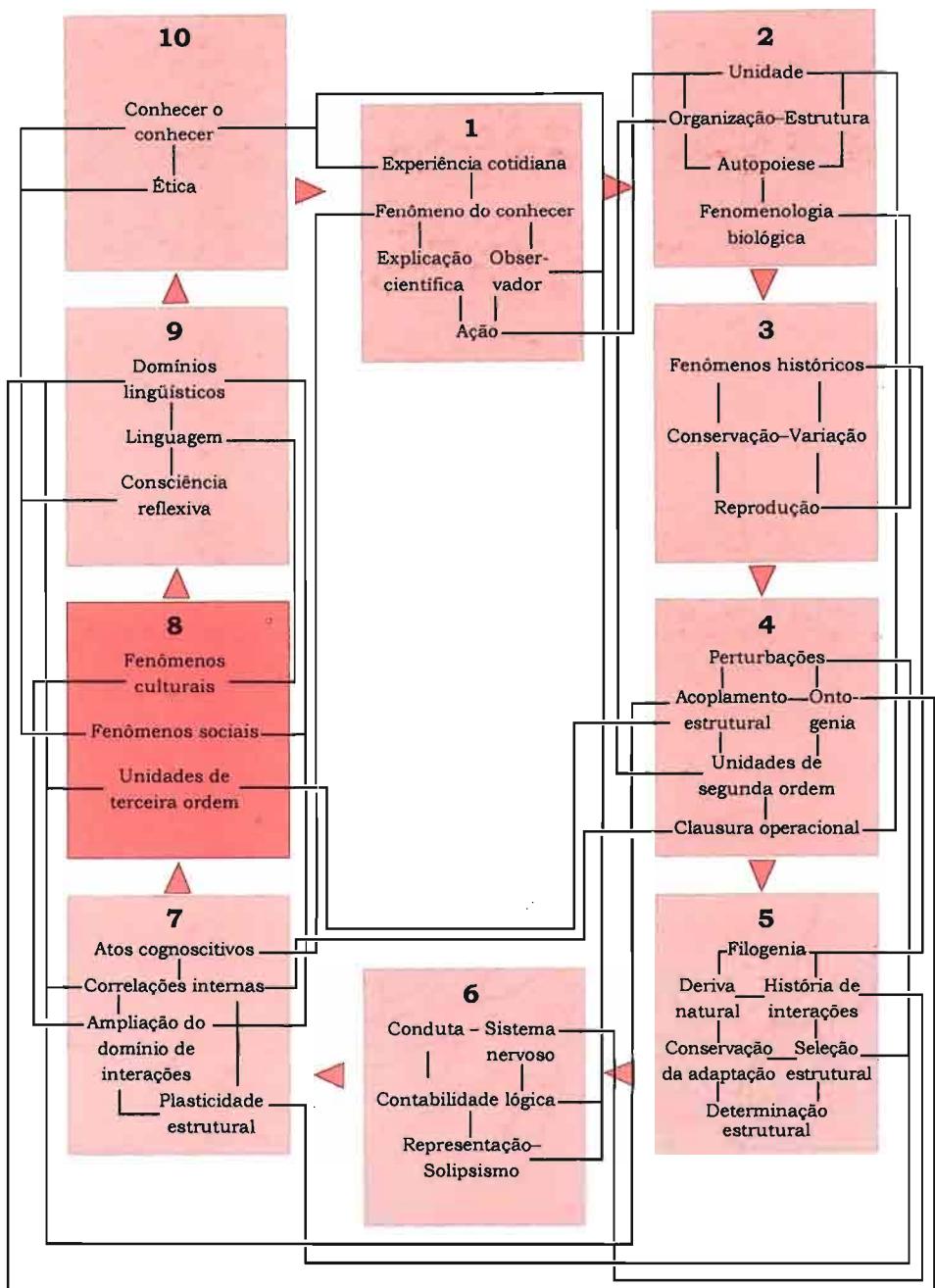


devemos agora acrescentar a presença de um sistema nervoso, que também funciona com clausura operacional, mas como parte integrante do organismo. Podemos ilustrá-lo sucintamente assim:



Em organismos cujo sistema nervoso é tão rico e variado como o do homem, os domínios de interação permitem a geração de *novos fenômenos* ao possibilitar novas dimensões de acoplamento estrutural. Foi isso que, em última instância, possibilitou a linguagem e a autoconsciência humanas. Exploraremos esse terreno nos próximos capítulos.





8 OS FENÔMENOS SOCIAIS

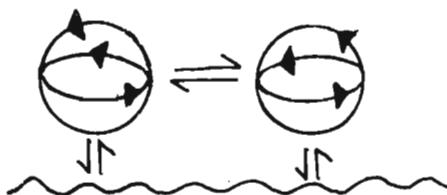


Figura 51. Desenho de Juse de Juste.

Vejamos uma situação paralela à do Capítulo 4, a propósito da origem dos metacelulares. Ao invés de considerarmos somente um organismo com seu sistema nervoso,



examinemos o que acontece quando esse organismo participa de um acoplamento estrutural com outros organismos.



Como no caso das interações celulares entre os metacelulares, do ponto de vista da dinâmica interna do organismo, o outro representa uma fonte de perturbações indistinguíveis daquelas que provêm do meio “inerte”. No entanto, é possível que tais interações entre organismos adquiram, ao longo de sua ontogenia, um caráter *recorrente*, estabelecendo assim um acoplamento estrutural que permita a manutenção da individualidade de ambos na prolongada sucessão de suas interações. Quando isso se dá, acontece uma fenomenologia peculiar, de que falaremos neste capítulo e nos seguintes — a dos acoplamentos de *terceira ordem*.

Acoplamentos de terceira ordem

A essa altura de nossa discussão, não parecerá estranho que tais acoplamentos ocorram por ser basicamente os

mesmos mecanismos que já discutimos a respeito da constituição de unidades autopoieticas de segunda ordem. De fato, foi o surgimento de organismos com sistema nervoso e sua participação em interações recorrentes que ocasionou tais acoplamentos, de complexidade e estabilidade distintas, mas como resultado natural da congruência de suas respectivas derivas ontogênicas.

Como podemos entender e analisar os acoplamentos de terceira ordem?

Em primeiro lugar, é preciso entender que tais acoplamentos são absolutamente necessários, em alguma medida, para a continuidade das linhagens dos organismos com reprodução sexuada, pois os gametas precisam ao menos se encontrar e se fundir. Além disso, em muitos animais que requerem um aparelho sexual para a procriação de novos indivíduos, os filhotes precisam receber algum cuidado de seus pais, de modo que é comum encontrarmos algum grau de acoplamento comportamental na geração e criação dos filhotes.

Esse fenômeno, relativamente universal, ocorre em diferentes grupos de animais e de formas variadas. Nós, como humanos criados numa cultura patriarcal, tendemos a pensar que o natural é que a fêmea cuide dos filhotes e o macho se encarregue da proteção e sustento. Podemos supor que essa imagem esteja baseada em parte no fato de sermos mamíferos, com períodos maiores ou menores de lactância, em que a criança fica necessariamente ligada à mãe. Não existe uma única espécie de mamíferos em que a amamentação seja responsabilidade do macho.

No entanto, essa divisão de papéis tão nítida está longe de ser universal. Entre os pássaros, encontramos uma grande variedade de condutas. Em muitas aves, tanto o macho como a fêmea podem produzir uma espécie de líquido leitoso no papo, que depois regurgitam para os filhotes. Outro caso é o das avestruzes sul-americanas: o macho se acasala com um harém de fêmeas (poliginia), e cada uma delas deposita um ovo dentro de um buraco. Depois, é o macho que se encarrega de tomar conta deles.

Tal inclinação doméstica do macho aparece em forma mista em outra ave sul-americana, a jaçanã. Nesse caso, a fêmea define um território mais ou menos amplo em que prepara vários ninhos, permitindo a entrada do mesmo número de machos (poliandria). Depois da fertilização, ela deposita um ovo em cada ninho e constrói outro para si mesma, onde também deposita um ovo. Dessa maneira, tanto as fêmeas como os machos gozam dos prazeres de criar os passarinhos (Figura 52).

Entre os pingüins ocorre uma variação ainda mais notável. Para essas aves, conseguir alimento para os filhotes parece ser mais difícil e requer a participação dos dois progenitores. Mas como cuidam dos pequenos pingüins? É interessante: alguns dos adultos permanecem ao redor do grupo de filhotes e o protegem, formando uma verdadeira creche.

Entre os peixes, o esgana-gata constitui um caso extremo. É o macho que constrói o ninho, seduz a fêmea e a expulsa logo depois da desova (Figura 53). Uma vez sozinho, ele sacode cuidadosamente a cauda, fazendo a água circular em torno dos

ovos, até que os filhotes saiam da casca. Em seguida, dedica-se a cuidar dos peixinhos até que se tornem independentes. Ou seja, aqui é o macho que se encarrega da cria, e sua relação com a fêmea dura o tempo da corte e da desova.

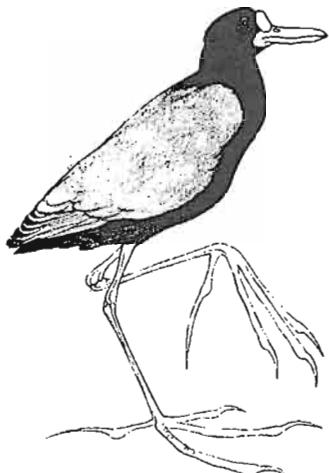


Figura 52. Jaçanã.

Há outros exemplos em que é a fêmea que tem maior responsabilidade pela cria. Poderíamos citar muitos outros casos do acoplamento necessário para a procriação e criação. Evidentemente, não há papéis fixos entre os animais.

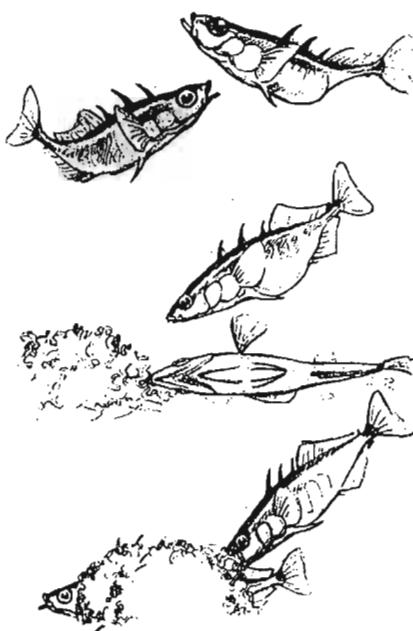


Figura 53. Momentos da conduta na corte do esgana-gato.

Tampouco há nas sociedades humanas, em que ocorrem numerosos casos tanto de poliandria como de poliginia, e nos quais a divisão das tarefas da criação dos filhos varia de um extremo a outro. De fato, a presença do sistema nervoso torna possível uma variedade imensa de acoplamentos, o que produz uma história natural também muito variada. Devemos ter isso em mente para entender a dinâmica social humana como um fenômeno biológico.

Insetos sociais

Os acoplamentos de condutas sexuais e de criação dos filhotes, embora praticamente universais, não são os únicos possíveis. Há muitos outros modos de acoplamento comportamental que os incluem e vão muito além deles, pois especifi-

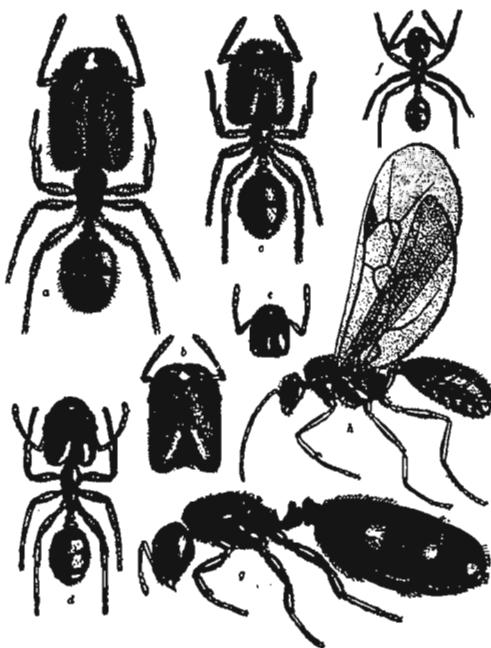


Figura 54. Diferentes morfologias nas castas das formigas mirmíceas (*Pheidole kingi instabilis*). De a) a f) indivíduos da casta operária; g) a rainha; h) o macho.

cam, entre os indivíduos de um grupo, coordenações comportamentais que podem durar por toda a vida.

O caso clássico e mais notável de um acoplamento tão estreito que engloba toda a ontogenia dos organismos participantes são os insetos sociais. Esses animais englobam muitas espécies entre várias ordens de insetos. Em vários deles se originaram, paralelamente, mecanismos de acoplamento muito semelhantes. Exemplos bem conhecidos de insetos sociais são as formigas, os cupins, as vespas e as abelhas.

Por exemplo, a Figura 54 mostra vários indivíduos que se encontram entre as formigas mirmíceas, um grupo bastante estudado. Vemos que há uma grande variedade de formas entre os indivíduos participantes, e sua morfologia difere de acordo com as atividades que realizam na colônia. Como vemos na

figura, a maior parte são fêmeas estéreis, que realizam tarefas como a coleta de alimentos, a defesa, o cuidado dos ovos e a manutenção do formigueiro. Os machos ficam reclusos no interior, onde se acha aquela que costuma ser a única fêmea fértil: a rainha (assinalada pela letra g na Figura 54). São notáveis as fêmeas com mandíbulas enormes, capazes de grande pressão, e que são muito maiores que as fêmeas operárias (letras e e f, na Figura 54). A maioria das formigas de um formigueiro desse tipo não participa absolutamente da reprodução, que está restrita à rainha e aos machos. No entanto, todos os indivíduos de um formigueiro estão estreitamente acoplados em sua dinâmica estrutural fisiológica.

O mecanismo de acoplamento entre a maior parte dos insetos sociais se dá por meio do intercâmbio de substâncias, sendo assim um acoplamento químico. Estabelece-se um fluxo contínuo de secreções entre os membros de uma colônia — trocam seus conteúdos estomacais todas as vezes que se encontram, o que podemos notar apenas observando uma fileira de formigas na cozinha. Esse intercâmbio químico contínuo, chamado *trofolaxes* (Figura 55), resulta na distribuição, por toda a população, de uma certa quantidade de substâncias, entre elas os hormônios, responsáveis pela diferenciação e especificação de papéis. Assim, a rainha torna-se o que é pelo modo como é alimentada, e não hereditariamente. Basta tirar a rainha de seu lugar para que imediatamente o desequilíbrio hormonal causado por sua ausência produza uma mudança na alimentação diferencial de algumas larvas, que se desenvolvem como rainhas. Vale dizer, todas as ontogenias dos diferentes membros da unidade social estão atreladas a sua história contínua de interações trofoláticas seletivas, que de maneira dinâmica orientam, mantêm ou mudam seu modo particular de desenvolvimento.

Os processos e mecanismos detalhados que determinam as castas, os modos de cooperação entre espécies distintas, a organização territorial e muitos outros aspectos da vida dos insetos sociais foram objeto de vários estudos, sendo uma fonte sempre nova de circunstâncias que revelam as formas mais inesperadas de acoplamento estrutural entre esses organismos. No entanto,

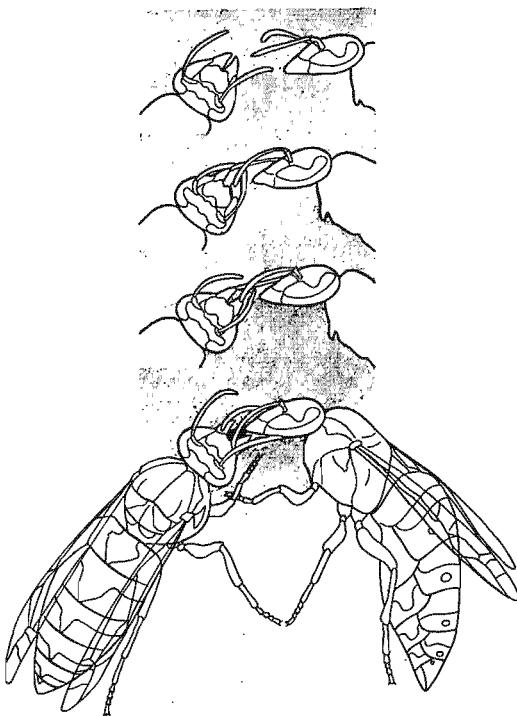


Figura 55. Mecanismo de acoplamento entre os insetos sociais: *trofolaxes*.

em todas elas se evidencia um grau de rigidez e inflexibilidade. Isso não deveria surpreender, já que os insetos (como muitos invertebrados) organizam-se essencialmente com base numa armadura exterior de quitina. No interior dessa armadura inserem-se os músculos que a movem. Essa arquitetura impõe um limite ao tamanho máximo que os insetos podem alcançar e, portanto, ao tamanho do seu sistema nervoso. Logo, os insetos não se distinguem individualmente por sua variedade comportamental e sua capacidade de aprendizagem. Os vertebrados, por sua vez, já que possuem um esqueleto interno revestido pelos músculos, não sofrem uma limitação tão severa de tamanho e são capazes, em princípio, de um crescimento prolongado. Isso permite organismos maiores (mais células), com sistemas nervosos também maiores, o que possibilita uma diversidade maior de estados e de condutas.

Vertebrados sociais

Imaginemos um rebanho de ungulados, tais como os antílopes, que vivem em terrenos montanhosos. Quem já tentou se aproximar deles deve ter notado que basta chegar a cem metros de distância para que todo o rebanho fuja. Geralmente, correm até alcançar um topo mais elevado, de onde ficam a observar o intruso. No entanto, para chegar de um cimo a outro, devem também passar por um vale que lhes impede a visão do intruso. É um caso evidente de acoplamento social: o rebanho se desloca numa formação que tem o macho dominante à frente, seguido pelas fêmeas e pelos filhotes. Por último seguem os outros machos do rebanho, um dos quais fica para trás, sobre o topo mais próximo, vigiando o intruso enquanto os demais descem. Tão logo alcançam a nova elevação, junta-se a eles (Figura 56).

Essa forma peculiar de conduta, em que animais distintos cumprem papéis distintos, permite que os membros do rebanho relacionem-se em atividades que não lhes seriam possíveis como indivíduos isolados. Além desse exemplo de fuga, há muitos outros no sentido inverso. Por exemplo, os lobos vivem também em grupos, coordenando suas condutas mediante várias interações olfativas, faciais e corporais, como o mostrar dos dentes, o abaixar das orelhas e o mover da cauda, como vemos nos cães domésticos. Tal grupo, como unidade social, é capaz de perseguir e matar um gigantesco alce (Figura 57), façanha que não estaria à altura de nenhum lobo solitário.



Figura 56. A fuga como fenômeno social entre os cervos.



Figura 57. A caça como fenômeno social entre os lobos.

Entre os vertebrados, modos de interação fundamentalmente visuais e auditivos lhes permitem gerar um novo domínio de fenômenos inacessíveis a indivíduos isolados. Nesse aspecto, os vertebrados se assemelham aos insetos sociais, mas se diferenciam destes pela maior flexibilidade que seu sistema nervoso e seu acoplamento visual lhes permitem.

Entre os primatas ocorrem situações comparáveis. Por exemplo, entre os babuínos das savanas africanas, cuja conduta natural (muito diferente da do cativeiro) tem sido minuciosamente estudada, verifica-se uma contínua e múltipla interação gestual, postural (visual) e tátil entre todos os indivíduos do grupo. Nesse caso, o acoplamento intragrupal tende a estabelecer uma hierarquia de dominação entre os machos. Essa hierarquia, que permite a coesão do grupo, torna-se nítida quando os observamos migrar de um lugar para outro, ou enfrentar um predador como o leão. Quando o grupo migra, os machos e fêmeas dominantes vão no centro, junto com os fi-

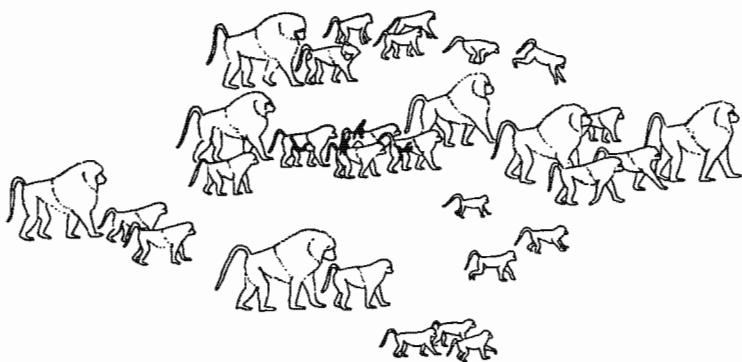


Figura 58. Um grupo de babuinos se desloca.

lhotes. Outros machos e fêmeas se posicionam estratégicamente à frente e atrás (Figura 58). Durante longas horas do dia, os babuínos costumam brincar e tirar pulgas uns dos outros, mantendo uma contínua interação. Dentro desses grupos, além disso, notamos o que se pode chamar de temperamentos individuais: alguns babuínos são irritadiços, outros sedutores, outros exploradores etc. Toda essa diversidade comportamental possível dá a cada grupo de babuínos seu próprio perfil. Cada indivíduo está continuamente ajustando sua posição na rede de interações do grupo segundo sua dinâmica própria, resultado da história de acoplamentos estruturais do grupo. No entanto, apesar de todas essas diferenças, há um estilo de organização generalizado em todos os grupos de babuínos, refletindo a linhagem filogênica compartilhada por todos eles.

Grupos distintos de primatas revelam modos e estilos de interação muito variados. As hamadrias do norte da África são habitualmente muito agressivas, formando hierarquias de dominação bastante rígidas. Já os chimpanzés têm uma organização grupal muito mais fluida e variável, criando grupos familiares extensos que permitem muita mobilidade individual (Figura 59). Cada grupo de primatas apresenta suas peculiaridades.

1. Estrutura que corresponde aos
babuinos habitantes da savana.
— Fronteira de um grupo fechado.
2. Estrutura que corresponde aos
chipanzés da selva.
--- Fronteira de um grupo aberto.

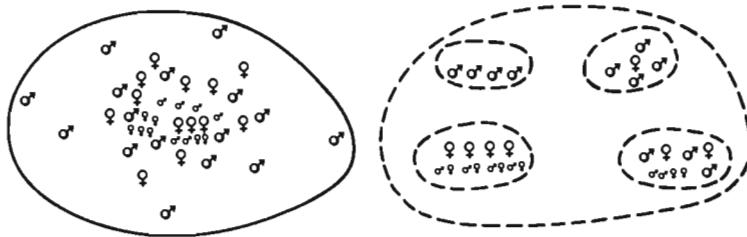


Figura 59. Esquema comparativo da distribuição de indivíduos babuinos e chipanzés.

Fenômenos sociais e comunicação

Entendemos os fenômenos sociais como aqueles associados às unidades de terceira ordem. Apesar da variedade de estilos de acoplamento que apresentamos, os fenômenos sociais estão vinculados a um tipo particular de unidade. A forma de realização das unidades dessa ordem varia muito, desde os insetos, os ungulados, até os primatas. Comum a todas elas, todavia, é que as unidades resultantes dos acoplamentos de terceira ordem, ainda que transitórias, geram uma fenomenologia interna particular, em que os *organismos participantes satisfazem suas ontogenias individuais, fundamentalmente, segundo seus acoplamentos mútuos na rede de interações reciprocas que formam ao constituir as unidades de terceira ordem*. Os mecanismos segundo os quais se estabelecem essa rede e as unidades que a constituem, mantendo sua coesão, variam em cada caso.

Toda vez que há um fenômeno social, há um acoplamento estrutural entre indivíduos. Portanto, como observadores, podemos descrever uma conduta de coordenação recíproca entre eles. Chamaremos de *comunicação* as condutas coorde-

FENÔMENOS SOCIAIS

Entendemos os *fenômenos sociais* como aqueles associados à participação dos organismos na constituição de unidades de terceira ordem.



COMUNICAÇÃO

Como observadores, designamos como *comunicativas* as condutas que ocorrem num acoplamento social, e como *comunicação* a coordenação comportamental que observamos como resultado dela.

nadas, mutuamente desencadeadas, entre os membros de uma unidade social. Portanto, entendemos como comunicação uma classe particular de condutas que ocorrem, com ou sem a presença do sistema nervoso, no operar dos organismos em sistemas sociais. Como ocorre com toda conduta, se podemos distinguir o caráter instintivo ou aprendido das condutas sociais, podemos também distinguir entre formas filogenéticas e ontogênicas de comunicação. A comunicação é peculiar, portanto, não por resultar de um mecanismo distinto do restante das condutas, mas apenas por ocorrer no domínio de acoplamento social. Isso vale igualmente para nós, como descritores de nossa própria conduta social, cuja complexidade não significa que nosso sistema nervoso opere de modo distinto.

O cultural

Um belo caso de comunicação ontogênica nos é acessível diariamente no canto de certos pássaros — entre outros, do papagaio e de seus parentes próximos. Esses animais habitualmente vivem numa selva densa, onde não podem manter contato visual. Em tais condições, é o canto que permite que

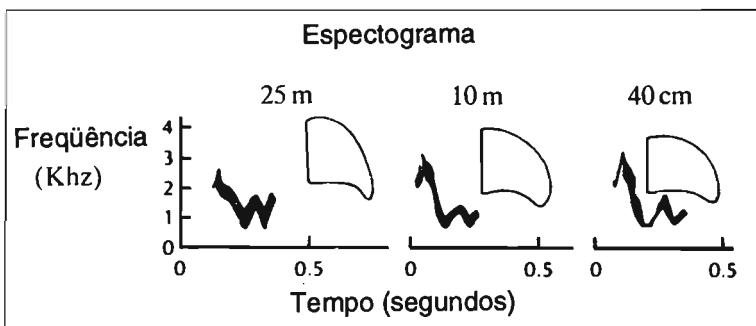


Figura 60. Dueto vocal entre duas aves africanas.

fêmea e macho se acasalem, ao estabelecerem um canto em comum. Por exemplo, a Figura 60 mostra um espectrograma das aves africanas. (O espectrograma é uma maneira de pôr o som no papel em duas dimensões, como uma notação musical contínua). Pelo espectrograma, parece que cada ave canta uma melodia completa. Mas não é assim. Pode-se mostrar que a melodia é, na realidade, um dueto, em que cada membro do par constrói uma frase que o outro continua. Tal melodia é própria de cada par, e se especifica durante a história de seu acasalamento. Nesse caso (diferentemente do que ocorre com muitos outros pássaros), tal comunicação, ou coordenação comportamental do canto, é claramente ontogênica.

Com esse exemplo, quisemos mostrar que a melodia específica de cada par será exclusiva de sua história de acoplamento. Se observarmos outro par de aves, veremos que especificarão outra melodia distinta. E os filhotes da cada par, quando também forem se acasalar, gerarão melodias de acasalamento diferentes das de seus pais. A melodia específica de cada par está limitada à vida dos indivíduos participantes.

A situação acima é diferente de outra conduta, também ontogênica, que podemos ilustrar com um caso que se passou na Inglaterra. Há não muito tempo, novas garrafas de leite foram introduzidas em Londres e arredores. Eram cobertas por uma fina lâmina de alumínio no lugar do papelão. Como a nova cobertura fosse fina o bastante para ser picotada pelo

A METÁFORA DO TUBO PARA A COMUNICAÇÃO

Nossa discussão nos levou a concluir que, biologicamente, não há *informação transmitida* na comunicação. A comunicação ocorre toda vez em que há coordenação comportamental num domínio de acoplamento estrutural.

Tal conclusão só é chocante se continuarmos adotando a metáfora mais corrente para a comunicação, popularizada pelos meios de comunicação. É a metáfora do tubo, segundo a qual a comunicação é algo gerado num ponto, levado por um condutor (ou tubo) e entregue ao outro extremo receptor. Portan-

to, há *algo* que é comunicado e transmitido integralmente pelo veículo. Daí estarmos acostumados a falar da *informação contida* numa imagem, objeto ou na palavra impressa.

Segundo nossa análise, essa metáfora é fundamentalmente falsa, porque supõe uma unidade não determinada estruturalmente, em que as interações são instrutivas, como se o que ocorre com um organismo numa interação fosse determinado pelo agente perturbador e não por sua dinâmica estrutural. No entanto, é evidente no próprio dia-a-dia que a comunicação não ocorre assim: cada pessoa diz o que diz e ouve o que ouve segundo sua própria determinação estrutural. Da perspectiva de um observador, sempre há ambigüidade numa interação comunicativa. O fenômeno da comunicação não depende do que se fornece, e sim do que acontece com o receptor. E isso é muito diferente de "transmitir informação".



bico de um pássaro, poucos dias após a mudança, certas aves (as cotovias) aprenderam como picotar as embalagens e alimentar-se da camada superior de creme. O interessante é que a conduta se expandiu do foco central até todas as ilhas britânicas. Em pouco tempo, todos os pássaros haviam aprendido o truque de como conseguir um bom café da manhã.

Os vertebrados têm uma tendência essencial e única: a *imitação*. Não é fácil explicar exatamente o que seja a imitação

ALTRUÍSMO E EGOÍSMO

O estudo dos acoplamentos ontogênicos entre os organismos e a avaliação de sua universalidade e variedade apontam para um fenômeno próprio do social. Pode-se dizer que, quando o antílope fica para trás e se arrisca mais do que os outros, é o grupo que se beneficia, e não o animal diretamente. Também se pode dizer que, quando uma formiga operária não se reproduz e em vez disso se dedica a conseguir alimento para todas as crias do formigueiro, é o grupo que se beneficia, e não a formiga diretamente.

Tudo acontece como se houvesse um equilíbrio entre a manutenção e subsistência individual e a manutenção e subsistência do grupo como unidade mais ampla, que engloba o indivíduo. De fato, na deriva natural se estabelece um equilíbrio entre o individual e o coletivo, pois os organismos, ao acoparem-se estruturalmente em unidades de ordem superior (com seu próprio domínio de existência), incluem a manutenção dessas estruturas na dinâmica de sua própria manutenção.

Os etólogos chamam de "altruistas" as ações que podem ser descritas como tendo efeitos benéficos para a coletividade, escolhendo um termo que evoca uma conduta humana carregada de conotações éticas. O motivo talvez seja a visão, herdada do século passa-

do, de que a natureza tem "dentes e garras sangrentos", como disse um contemporâneo de Darwin. Muitas vezes ouvimos que a teoria de Darwin implica que vivemos sob a lei da selva — cada um cuida egoisticamente de seus próprios interesses à custa dos demais, numa implacável competição.

Essa visão do animal como egoísta é duplamente falsa. Em primeiro lugar, porque a história da natureza nos diz que não é assim, seja por onde for que a examinemos. Os exemplos de condutas que podem ser descritos como altruistas são quase universais. Em segundo lugar, porque os mecanismos que se podem postular para entender a deriva animal não requerem absolutamente a noção individualista, em que o benefício de um indivíduo requer o prejuízo de outro. Ao contrário, seria uma incoerência.

Com efeito, ao longo deste livro vimos que a existência do vivo na deriva natural, tanto onto como filogenética, não depende da competição, e sim da conservação da adaptação. O encontro individual com o meio resulta na sobrevivência do capaz. Pois bem, podemos mudar de nível de referência em nossa observação e considerar também a unidade grupal, composta pelos indivíduos, para a qual a conservação é considerar também a unidade grupal, com-

posta pelos indivíduos, para a qual a conservação é considerar também a unidade grupal, composta pelos indivíduos, para a qual a conservação da adaptação também é necessária em seu domínio de existência. Para o grupo como unidade, os componentes individuais são irrelevantes, já que todos são, em princípio, substituíveis por outros que possam cumprir as mesmas relações. Para os componentes como seres vivos, por outro lado, a individualidade é condição de existência. É importante não confundir esses dois níveis fenomênicos para a compreensão plena dos fenômenos sociais. A conduta do antílope ao retardar-se está relacionada à conservação do grupo e expressa características próprias dos antílopes em seu acoplamento grupal, uma vez que o grupo existe como

unidade. Ao mesmo tempo, todavia, essa conduta altruista para com a unidade grupal se realiza no antílope individual como resultado de seu acoplamento estrutural no meio que envolve o grupo, e expressa a conservação de sua adaptação como indivíduo. Portanto, não há contradição na conduta do antílope, uma vez que se realiza em sua individualidade como membro do grupo. É "altruisticamente" egoísta e "egoisticamente" altruista, porque sua realização individual depende de sua presença no grupo que integra.

Todas essas considerações valem também no domínio humano, embora modificadas segundo as características da linguagem como modo de acoplamento social humano, como veremos adiante.

em termos de fisiologia nervosa, mas ela é óbvia em termos comportamentais. Por meio desse fenômeno, o que começou como uma conduta localizada em alguns pássaros se expandiu rapidamente. A imitação, portanto, permite que um certo modo de interação ultrapasse a ontogenia de um indivíduo e se mantenha mais ou menos invariante ao longo de sucessivas gerações. Se os filhotes dos pássaros da Grã-Bretanha não fossem capazes de imitar, o hábito de furtar o creme das garrafas teria de ser reinventado a cada geração.

Outro caso célebre de permanência transgeracional social de uma conduta adquirida foi registrado nos estudos de primatas realizados numa reserva de macacos localizada num arquipélago do Japão (Figura 61). Como procedimento de pesquisa, os inves-



Figura 61. Macaco japonês lavando suas batatas.

tigadores espalharam batatas e trigo sobre a areia da praia. Atraídos pela comida, os macacos deixavam a selva vizinha ao mar e saíam até a praia, onde podiam ser vistos. Com o tempo, os animais foram se familiarizando com o contato com o mar e realizando transformações de conduta. Uma delas foi que uma fêmea talentosa, chamada Imo, descobriu um dia que podia lavar as batatas na água, tirando assim a areia que as tornava desagradáveis de comer. Em questão de dias, os outros macacos, especialmente os jovens, já imitavam Imo e lavavam suas batatas. Com o passar de poucos meses, a nova conduta já havia se estendido a todas as colônias vizinhas.

Imo mostrou ser uma macaca realmente brilhante porque, alguns meses depois de ter inventado a lavagem das bata-

■ S. Kawamura, *J. Primatol.* 2:43, 1959.

ORGANISMOS E SOCIEDADES

Organismos e sociedades pertencem a uma mesma classe de metassistemas, membros formados pela agregação de unidades autônomas, tanto celulares como metacelulares. O observador pode distinguir os diferentes metassistemas que participam dessa classe pelos diferentes graus de autonomia que considera possíveis para seus componentes. Assim, se ele os ordena em série segundo o grau em que seus componentes dependem, para sua realização como unidades autônomas, da participação no metassistema que integram, os organismos e sistemas sociais humanos ocuparão os extremos opostos da série. Os organismos seriam metassistemas com componentes de mínima autonomia, ou seja, cuja dimensão de existência independente é muito pouca ou inexistente, enquanto as sociedades humanas seriam metassistemas com componentes de máxima autonomia, ou seja, com amplas dimensões de existência independente. As sociedades formadas por outros metacelulares, como as dos insetos, ficariam situadas em diferentes pontos intermediários. No entanto, as diferenças entre esses metassistemas são operacionais. Dadas algumas transformações nas respectivas dinâmicas internas e relacionais, eles podem se deslocar para uma ou outra direção da série. Vejamos

agora as diferenças entre os organismos e sistemas sociais humanos.

Os organismos, como sistemas metacelulares, possuem clausura operacional graças ao acoplamento estrutural das células que os compõem. O central na organização dos organismos é sua maneira de ser unidade num meio em que precisam operar com propriedades estáveis que lhes permitem conservar sua adaptação, quaisquer que sejam as propriedades de seus componentes. A consequência evolutiva fundamental disso é que a conservação da adaptação dos organismos de uma determinada linhagem seleciona, recurrentemente, a estabilização das propriedades das células que os compõem. A estabilidade genética e ontogenética dos processos celulares que constituem os organismos de cada espécie, bem como a existência de processos orgânicos que podem eliminar células que fogem da norma, revela esse traço.



Nos sistemas sociais humanos, a situação é diferente. Sendo comunidades humanas, também possuem clausura operacional que se dá no acoplamento estrutural de componentes. No entanto, os sistemas sociais humanos também existem como unidades para seus componentes no domínio da linguagem. A identidade dos sistemas sociais humanos depende, portanto, da conservação da adaptação dos seres humanos não só como organismos, no sentido geral, mas também como componentes dos domínios lingüísticos que constituem. Pois bem, a história evolutiva do homem está associada às suas condutas lingüísticas. É uma história em que se selecionou a plasticidade comportamental ontogênica que possibilita os domínios lingüísticos e em que a conservação da adaptação do ser humano como organismo exige que opere em tais domínios e conserve tal plasticidade. De modo que, assim como a existência do organismo requer a estabilidade operacional de seus componentes, a existência de um sistema social humano requer a plasticidade operacional (comportamental) de seus componentes. Assim como os organismos requerem um acoplamento estrutural não-lingüístico entre seus componentes, os sistemas sociais humanos requerem componentes acoplados estruturalmente nos domínios lingüísticos onde eles (os componentes) podem operar

com a linguagem e ser observadores. Conseqüentemente, enquanto para o operar de um organismo o central é o próprio organismo, que restringe ele mesmo as propriedades de seus componentes, para o operar de um sistema social humano o central é o domínio lingüístico que seus componentes geram e a ampliação de suas propriedades — condição necessária para a realização da linguagem, que é seu domínio de existência. O organismo restringe a criatividade individual das unidades que o integram, pois estas existem por causa dele. O sistema social humano amplia a criatividade individual de seus componentes, pois o sistema existe por causa destes. A coerência e harmonia nas relações e interações entre os componentes de cada organismo em particular devem-se, no desenvolvimento individual, a fatores genéticos e ontogenéticos que restringem a plasticidade estrutural de seus componentes. A coerência e harmonia nas relações e interações entre os integrantes de um sistema social humano se devem à coerência e harmonia de seu crescimento dentro dele, numa contínua aprendizagem social que seu próprio operar social (lingüístico) define, e que é possível graças aos processos genéticos e ontogenéticos que lhes permitem sua plasticidade estrutural.

Organismos e sistemas sociais humanos são, pois, casos opostos na série de metassistemas formados pela agregação de sistemas celulares de qualquer ordem. Entre eles temos, além dos diversos tipos de sistemas sociais formados por outros animais, aquelas comunidades humanas que, por incorporar mecanismos coercitivos de estabilização em todas as dimensões comportamentais de seus membros, constituem sistemas sociais humanos desvirtuados, que perderam suas ca-

racterísticas próprias e despersonalizaram seus componentes. Parecem-se mais com organismos, como foi o caso de Esparta. Organismos e sistemas sociais humanos não podem, portanto, ser equiparados sem distorcer ou negar as características próprias de seus respectivos componentes. Qualquer análise da fenomenologia social humana que despreze as considerações acima será falha, pois negará os fundamentos biológicos dessa fenomenologia.



tas, criou outra conduta: pegava o trigo misturado com areia (desagradável de comer), mergulhava-o no mar, deixava que a areia se desprendesse e recolhia o cereal limpo. A segunda invenção de Imo, como a anterior, expandiu-se gradualmente pelas colônias da ilha. Os velhos sempre eram os mais lentos em adquirir a nova forma de conduta.

Chamaremos as configurações comportamentais adquiridas ontogeneticamente na dinâmica comunicativa de um meio social, e mantidas estáveis através de gerações, de condutas *culturais*. O nome não deve surpreender, já que se refere precisamente a todo o conjunto de interações comunicativas de determinação ontogênica que permitem uma certa invariância na história do grupo, indo além da história particular dos indiví-

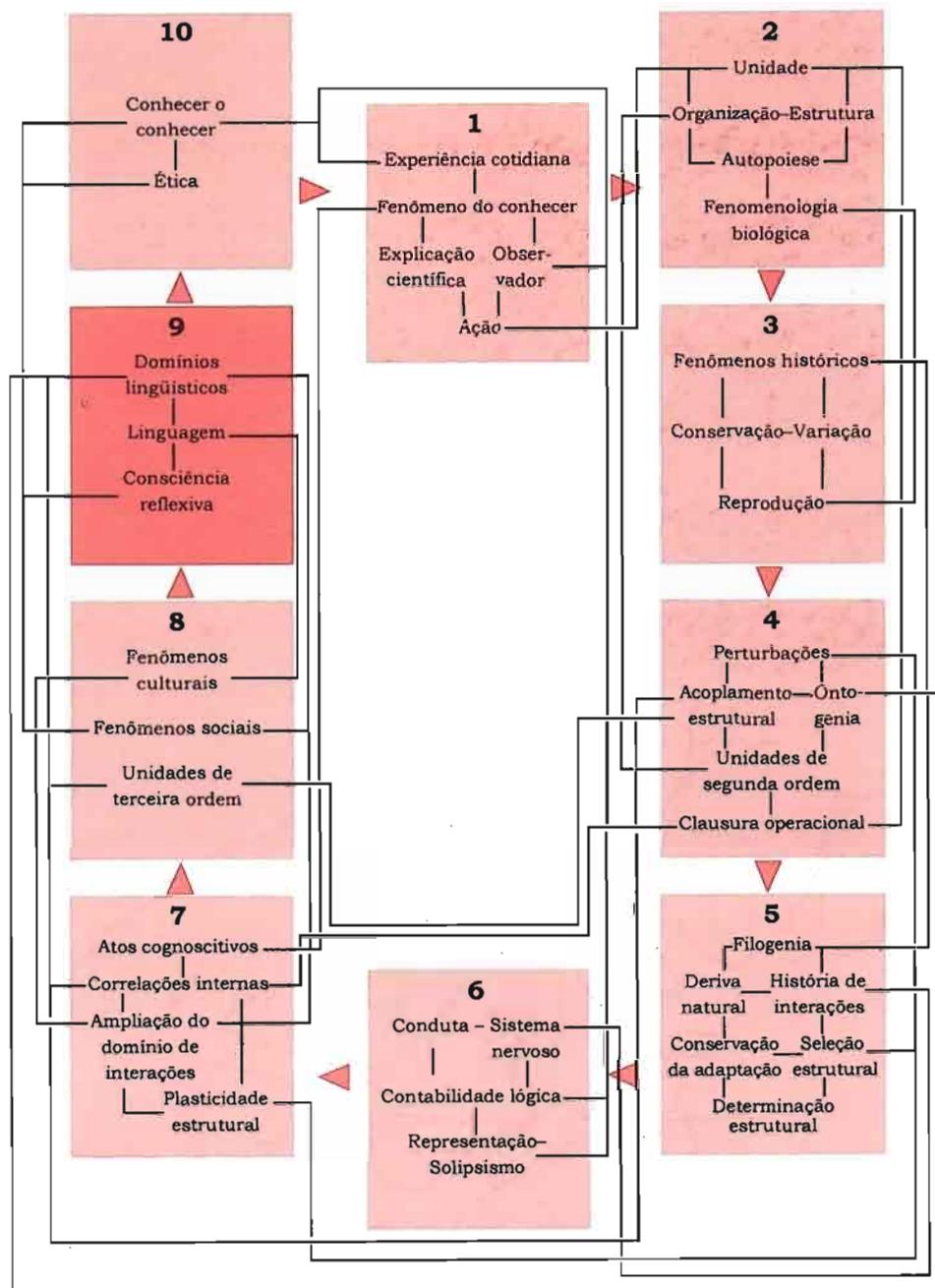
CONDUTA CULTURAL

Entendemos por *conduta cultural* a estabilidade transgeracional de configurações comportamentais adquiridas ontogenicamente na dinâmica comunicativa de um meio social.



duos participantes. A imitação e a contínua seleção comportamental intragrupal desempenham ai um papel essencial, pois tornam possível o acoplamento dos jovens com os adultos, especificando uma certa ontogenia que se expressa no fenômeno cultural. A conduta cultural, portanto, não representa uma forma essencialmente distinta quanto ao mecanismo que a possibilita. É um fenômeno que existe como um caso particular de conduta comunicativa.





9 DOMÍNIOS LINGÜÍSTICOS E CONSCIÊNCIA HUMANA

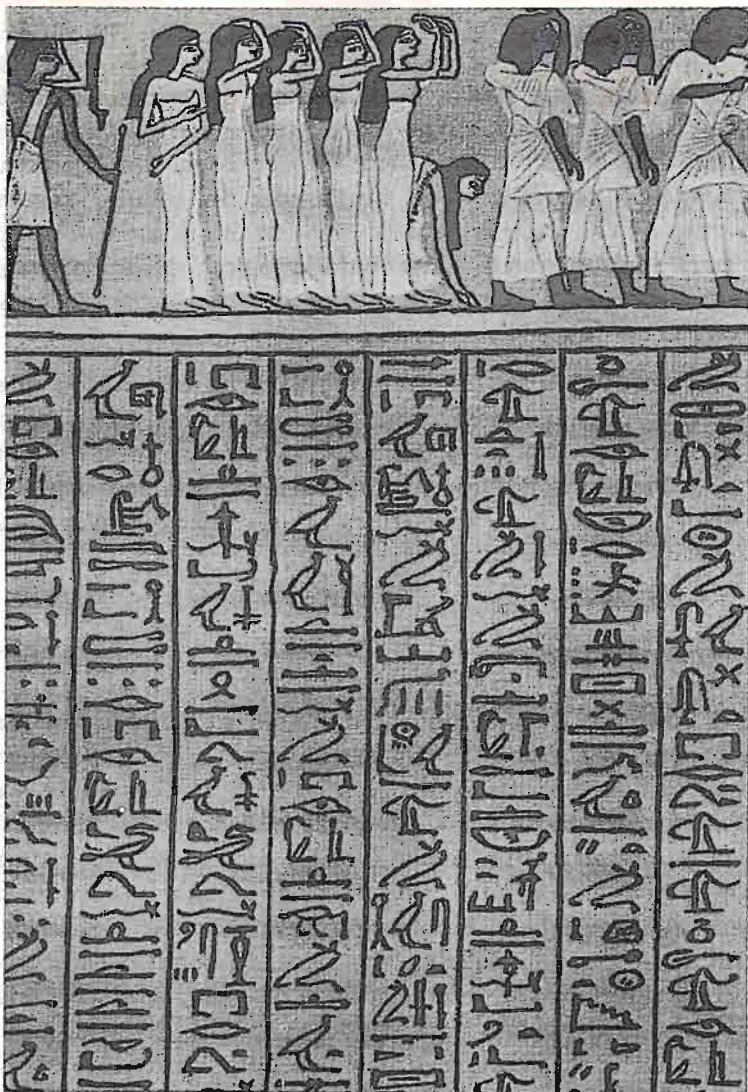


Figura 62. Hieroglifos egípcios.

Um amigo nosso acordava todas os dias quando seu gato, ao raiar do sol, caminhava sobre o piano. Se nosso amigo se levantava, encontrava-o junto à porta que levava ao jardim, esperando que a abrisse. Se não se levantava, o gato voltava a caminhar sobre o piano, produzindo sons não muito harmônicos.

Seria perfeitamente natural descrever a conduta do gato como "significando" ao seu dono o desejo de sair para o jardim. Assim, estariamos fazendo uma descrição *semântica* das condutas de nosso amigo e seu gato. No entanto, também sabemos que as interações entre eles só ocorreram como um desencadeamento mútuo de mudanças de estado, segundo suas respectivas determinações estruturais. É uma nova ocasião para manter nossa contabilidade lógica muito clara e caminhar sobre o fio da navalha, diferenciando o operar de um organismo da descrição de suas condutas.

Sem dúvida há muitas circunstância como a do nosso amigo, em que podemos aplicar uma descrição semântica a um fenômeno social. É um frequente recurso literário ou metafórico, tornando a situação comparável a uma interação lingüística humana, tais como as fábulas. Essa questão requer uma atenção mais detalhada.

Descrições semânticas

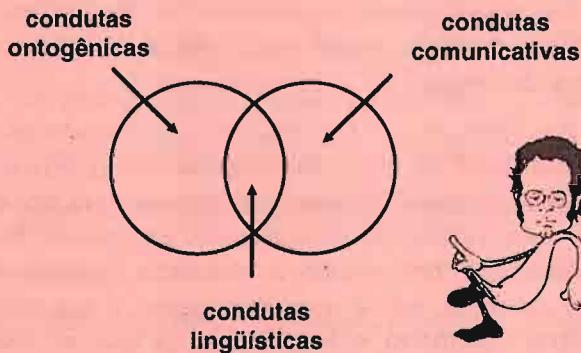
Vimos no último capítulo que dois ou mais organismos, ao interagir, recorrentemente, geram um acoplamento social em que se envolvem de modo recíproco na realização de suas respectivas autopoieses. As condutas que ocorrem nesses domínios de acoplamentos sociais, como dissemos, são comunicativas e podem ser inatas ou adquiridas. Para nós, como observadores, o estabelecimento ontogênico de um domínio de condutas comunicativas pode ser descrito como o estabelecimento de um domínio de condutas coordenadas associáveis a termos semânticos. Ou seja, como se o que determinasse a coordenação comportamental assim produzida fosse o significado que o observador atribui às condutas, e não o acoplamento.

DOMÍNIO LINGÜÍSTICO

Toda vez que um observador descreve as condutas de interações entre organismos, como se o significado que atribui a elas determinasse o seu curso, faz uma descrição em termos semânticos.

Designamos como *lingüística* uma conduta comunicativa ontogênica, ou seja, que se dá num acoplamento estrutural on-

togênico entre organismos, e que um observador pode descrever em termos semânticos. Designamos como *domínio lingüístico* de um organismo o domínio de todas as suas condutas lingüísticas. Os domínios lingüísticos são, em geral, variáveis e mudam ao longo das ontogenias dos organismos que os geram.



mento estrutural dos participantes. É essa qualidade das condutas comunicativas ontogênicas de *poderem aparecer* como semânticas a um observador, que trata cada elemento comportamental como se fosse uma palavra, que permite relacionar tais condutas à linguagem humana. Vamos ressaltar essa condição ao designar tal classe de condutas como um *domínio lingüístico* entre os organismos participantes.

O leitor não precisa de mais exemplos de domínios lingüísticos. No capítulo anterior, vimos vários deles, mas não os apontamos como tais pois o tema era o social em geral. Por exemplo, o dueto é um exemplo elegante de interação lingüís-

tica. Um bom exercício para o leitor seriareexaminar o capítulo anterior concentrando-se em descobrir quais daquelas condutas comunicativas podem ser consideradas lingüísticas e ver como nelas se dá a possibilidade de descrições semânticas.

Notemos que a escolha desse termo — como o termo “ato cognitivo” que vimos anteriormente — não é arbitrária. Equivale a afirmar que as condutas lingüísticas humanas pertencem de fato a um domínio de acoplamento estrutural ontogênico recíproco, que os seres humanos estabelecem e mantêm como resultado de suas ontogenias coletivas. Ou seja, quando descrevemos as palavras como designadoras de objetos ou situações no mundo, fazemos, como observadores, uma descrição de um acoplamento estrutural que não reflete a operação do sistema nervoso, posto que este não opera com representações do mundo.

Por contraste, as condutas comunicativas instintivas, cuja estabilidade depende da estabilidade genética da espécie, e não da estabilidade cultural, não constituem um domínio lingüístico. As condutas lingüísticas são expressão de um acoplamento estrutural ontogênico. A chamada “linguagem” das abelhas, por exemplo, não é uma linguagem, e sim um caso misto de conduta instintiva e lingüística, já que se trata de uma coordenação condutual comportamental fundamentalmente filogenética que apresenta, todavia, algumas variações grupais ou “dialetos” de determinação ontogênica.

Nessa perspectiva, o caráter aparentemente tão arbitrário dos termos semânticos (há alguma relação entre a palavra “mesa” e o objeto *mesa*?) é algo completamente previsível e consistente com o mecanismo que subjaz ao acoplamento estrutural. Com efeito, são inúmeros os modos com que as interações recorrentes que levam à coordenação comportamental se estabelecem entre os organismos (“mesa”, “table”, “Tafel”). Relevante é como suas estruturas efetuam essas interações, e não os modos de interação em si. Se não fosse assim, os surdos-mudos não teriam linguagem, por exemplo. Trata-se, efetivamente, de uma deriva cultural em que — como na deriva filogenética dos seres vivos — não há um designio, e sim um ar-

cabouço *ad hoc* que vai se fazendo com os elementos disponíveis a cada momento.

Se observarmos a história natural tendo em mente tais noções, percebemos que o domínio lingüístico do homem é muitos mais abrangente e envolve muito mais aspectos de sua vida do que ocorre com qualquer outro animal.

Escapa à intenção deste livro fazer uma discussão aprofundada das muitas dimensões da linguagem humana — seria necessário outro livro. Mas, para nossos propósitos, queremos identificar a característica-chave da linguagem, que modifica de modo tão radical os domínios comportamentais humanos possibilitando novos fenômenos como a reflexão e a consciência. Tal característica é que a linguagem permite a quem opera nela *descrever-se a si mesmo* e às suas circunstâncias. É disso que nos ocuparemos neste capítulo.

Vimos que, quando observamos a conduta de outros animais (humanos ou não) num domínio lingüístico, como observadores podemos tratar suas interações de maneira semântica, como se indicassem ou denotassem algo do meio. Ou seja, num domínio lingüístico, podemos sempre tratar a situação como se fosse uma descrição do meio comum aos organismos em interação. No caso humano, para o observador as palavras geralmente denotam elementos do domínio comum entre os seres humanos, seja objetos, estados de espírito, intenções e assim por diante. Esse traço em si não é peculiar aos seres humanos, embora sua variedade de termos semânticos seja muito maior do que em outros animais. O fundamental no caso humano é que, para o observador, *as descrições podem ser feitas tratando as outras descrições como objetos ou elementos do domínio de interações*. Ou seja, o próprio domínio lingüístico passa a fazer parte do meio de interações possíveis. *Somente quando se produz tal reflexão lingüística é que existe linguagem*, surge o observador, e os organismos participantes passam a operar num domínio semântico. E é somente quando isso ocorre que o domínio semântico passa a fazer parte do meio de conservação de adaptação de seus participantes. É o que acontece com os seres humanos: existimos em nosso ope-

rar na linguagem, conservando nossa adaptação no domínio de significados resultante: fazemos descrições das descrições que fazemos... (como o faz esta sentença). Somos observadores e existimos num domínio semântico criado pelo nosso operar lingüístico.

Nos insetos, como já vimos, a coesão da unidade social se dá por uma interação química, a trofolaxes. No caso dos seres humanos, a "trofolaxes" social é a linguagem, que faz com que existamos num mundo sempre aberto de interações lingüísticas recorrentes. A partir da existência da linguagem, não há limites para o que podemos descrever, imaginar, relacionar. Ela permeia de modo absoluto toda a nossa ontogenia como indivíduos, desde o caminhar e a postura até a política. Mas, antes de examinar mais a fundo essas consequências da linguagem, vejamos primeiro como foi possível seu aparecimento na deriva natural dos seres vivos.

História natural da linguagem humana

Durante muitos anos, existiu um dogma em nossa cultura: a linguagem seria um privilégio absoluta e exclusivamente humano, a anos-luz da capacidade de outros animais. Em tempos mais recentes, essa idéia veio se abrandando consideravelmente. Em parte devido à quantidade cada vez maior de estudos sobre a vida animal, que reconhecem em alguns animais, como nos macacos e nos golfinhos, possibilidades muito mais amplas do que nos dispúnhamos a admitir antes. Mas sem dúvida foi o fato de os primatas superiores serem capazes de aprender a interagir conosco lingüisticamente de maneira cada vez mais ampla o que mais contribuiu para a mudança de perspectiva.

É de supor que o homem, desde eras remotas, tenha tentado ensinar a linguagem a macacos tais como os chimpanzés, tão parecidos com ele. Mas foi somente nos anos 30 que a literatura científica registrou uma tentativa sistemática, realizada nos Estados Unidos, pelos Kellogs. O casal criou um bebê chimpanzé ao lado de seu próprio filho, com o fim de lhe ensinar

A LINGUAGEM

Operamos na linguagem quando um observador vê que os objetos de nossas distinções lingüísticas são elementos de nosso domínio lingüístico.



a falar. Foi um fracasso quase completo. O animal era incapaz de reproduzir as modulações vocais necessárias à fala. No entanto, vários anos depois, outro casal americano, os Gardner, achou que o problema estaria não na capacidade lingüística do animal, mas sim no fato de sua habilidade ser gestual, e não vocal, o que é uma característica proverbial dos macacos. Assim, decidiram repetir o experimento dos Kellogs, mas desta vez utilizando como sistema de interações lingüísticas o Ameslan — o idioma gestual mais rico e amplo, internacionalmente usado pelos surdos-mudos (Figura 63). Washoe, o chimpanzé dos Gardner, não só aprendeu o Ameslan como o dominou de tal maneira que era tentador dizer que aprendera a “falar”. O experimento começara em 1966, quando Washoe tinha um ano. Quando completou cinco, ele já aprendera um repertório de cerca de duzentos gestos, incluindo alguns equivalentes às funções de verbos, adjetivos e substantivos da linguagem falada (Figura 64).

Por outro lado, o mero fato de aprender a fazer certos movimentos com a mão para obter recompensas não é em si uma grande façanha, como sabe qualquer treinador de circo. A pergunta é: Washoe usava os gestos como uma linguagem, assim como fica claro quando travamos uma conversa gestual com um surdo-mudo? Depois de quinze anos, de muitas horas de investigação, de muitos outros chimpanzés e gorilas treinados por diferentes grupos, a resposta a essa pergunta continua ferozmente



R. A. Gardner e B. T. Gardner, *Science* 165:664, 1969.

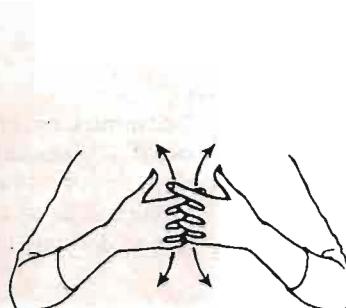


Figura 63. O Ameslan não é uma linguagem fonética, e sim “ideográfica”. Aqui o gorila Koko aprende o gesto para “máquina”.

debatida. No entanto, parecia que Washoe, e outros de seus congêneres, havia realmente aprendido uma linguagem.

Em certas ocasiões, embora até hoje poucas, esses animais foram capazes de combinar seu repertório limitado de gestos para criar novos gestos, que pareceram adequados no contexto de observações. Assim, de acordo com Lucy, outra chipanzé treinada como Washoe, uma melancia é uma “fruta-beber”, ou um “doce-beber”, e um rabanete forte é uma “comida-chorar-forte”. E, embora lhe tivessem ensinado um gesto para “refrigerador”, Washoe preferia a proposição “abrir-comer-beber”. Isso significaria que Washoe e Lucy refletiam sobre suas ações, evidenciando recursos por meio do Ameslan?

Que um primata possa interagir usando os gestos do Ameslan não implica necessariamente que consiga usar sua reflexibilidade potencial para distinguir elementos do domínio lingüístico como se fossem objetos, tal como fazem os humanos. Um experimento recente, por exemplo, comparou a habilidade de três chipanzés treinados em formas de interação lingüística semelhantes ao Ameslan. A chipanzé Lana diferia de



Figura 64. Interação lingüística interespecífica.

seus companheiros Sherman e Austin porque o treinamento destes enfatizara o uso prático dos signos e objetos na manipulação do mundo durante interações com os humanos e entre si.  Lana, ao contrário, aprendera uma forma de interação lingüística mais estereotipada, por meio de um computador, em que a ênfase recaía na associação de signos com objetos. O experimento consistia em ensinar os três animais a distinguir duas classes de objetos: comestíveis e não-comestíveis (Figura 65), que separavam em duas bandejas. Em seguida, deram-lhes uma nova série de objetos e lhes pediram que os pusessem nas bandejas correspondentes. Nenhum dos macacos teve problemas em realizar a tarefa. O passo seguinte foi apresentar aos animais imagens visíveis, ou lexicogramas, de objetos comestíveis e não-comestíveis, e pedir-lhes que os classificassem corretamente. Por último, a prova era associar ao lexicograma uma série nova de objetos. Nesse novo experimento, Lana falhou dramaticamente em comparação com seus companheiros.

 E. S. Savage-Rumbaugh, D. M. Rumbaugh, S. T. Smith e J. Lawson, *Science* 210:922, 1981.

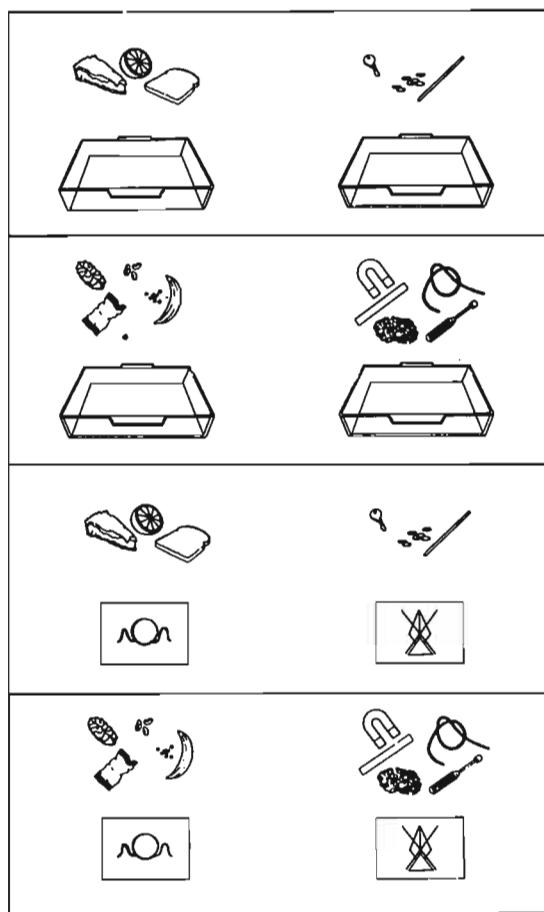


Figura 65. Capacidade de generalização segundo histórias diferentes de aprendizado lingüístico.

O experimento mostrou que Lana operava num domínio lingüístico sem utilizar os elementos deste para fazer distinções dentro desse domínio, como na transferência ou generalização de categorias. Mas Sherman e Austin tinham essa habilidade, como demonstrou o experimento. Ficou claro que o fato de terem sido treinados num contexto de interação e exploração lingüisticamente mais rico, por envolver diretamente a convivência com outros animais, e não só com um computa-

dor, fez uma diferença fundamental em suas ontogenias, comparadas com a de Lana.

Todos esses estudos sobre a capacidade lingüística dos primatas superiores (os gorilas também aprenderam a linguagem gestual) são muito importantes para compreender a história lingüística do homem. Eses animais pertencem a linhagens paralelas e muito próximas à nossa — 98% de seu material genético nuclear coincide com o humano. Mesmo pequena, a diferença de componentes é responsável pelas grandes diferenças nos modos de vida que caracterizaram as linhagens dos hominídeos e dos grandes macacos ou antropóides, e que num caso levaram ao desenvolvimento habitual da linguagem e no outro não. Assim, quando submetidos a um acoplamento lingüístico variado — como foi Washoe — esses animais são capazes de participar, ainda que a magnitude e o caráter de seus domínios lingüísticos se mostrem limitados. Não sabemos se isso se deve a limitações lingüísticas intrínsecas ou ao âmbito de suas preferências comportamentais. Mas sabemos que a divergência histórica entre hominídeos e antropóides deve ter envolvido diferenças estruturais no sistema nervoso associadas a seus modos de vida tão distintos.

Não conhecemos os detalhes da história das transformações estruturais dos hominídeos, e talvez jamais o saibamos. Lamentavelmente, a vida social e lingüística não deixa fósseis, e não é possível reconstruí-la. Mas podemos dizer que as mudanças nos hominídeos primitivos, que propiciaram o surgimento da linguagem, estão relacionadas à coleta e à partilha de sua história de animais sociais e de relações interpessoais afetivas estreitas, associadas ao colher e compartilhar alimentos. Neles coexistiam atividades aparentemente contraditórias, como fazer parte integral de um grupo muito coeso e, ao mesmo tempo, afastar-se por períodos mais ou menos longos para colher alimentos e caçar. Uma “trofolaxes” lingüística, capaz de tecer uma trama recursiva de descrições, foi o mecanismo que permitiu a coordenação comportamental ontogênica, como fenômeno de caráter cultural, já que cada indivíduo podia “levar” o grupo consigo, sem necessidade de in-

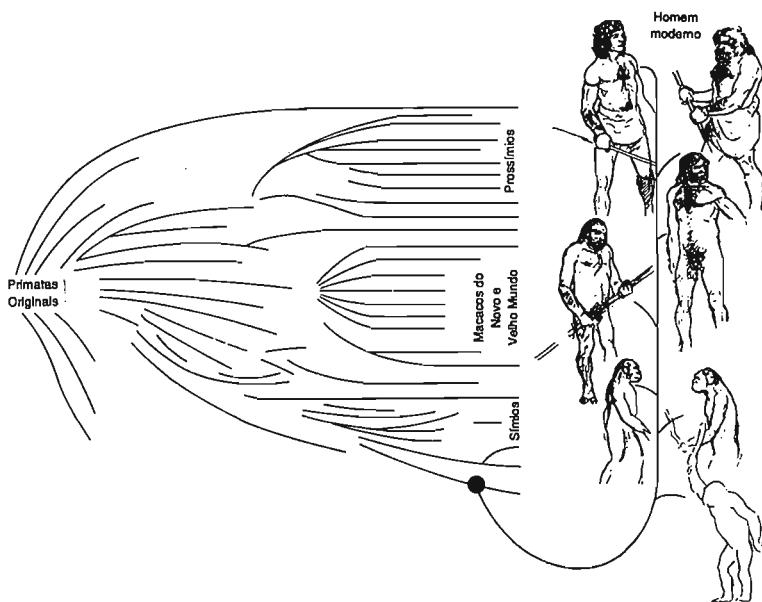


Figura 66. Nossa linhagem.

terações físicas contínuas com ele. Examinemos isso com mais atenção.

A linhagem de hominídeos à qual pertencemos tem mais de quinze milhões de anos (Figura 66). No entanto, não foi senão há cerca de três milhões de anos que se consolidaram os traços estruturais essencialmente idênticos aos atuais. Entre os mais importantes estão: o andar bípede e ereto, o aumento da capacidade crâniana (Figura 67) e uma conformação dental particular — associável a uma alimentação onívora, mas principalmente à base de sementes e nozes. Além disso, houve a passagem dos ciclos estrais de fertilidade nas fêmeas para o ciclo menstrual, o que tornou a sexualidade contínua e não mais sazonal e possibilitou os confrontamento dos rostos durante a cópula. É claro que nem todas essas mudanças que distinguem os hominídeos dos outros primatas ocorreram simultaneamente, mas sim em momentos e ritmos distintos, ao longo de vários milhões de anos. Em algum momento ao longo dessas transi-

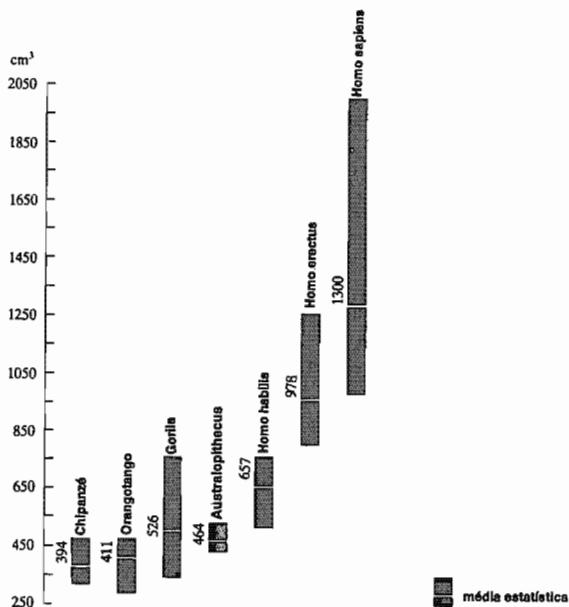


Figura 67. Comparação da capacidade crâniana dos hominídeos.

ções, o enriquecimento do domínio lingüístico, associado a uma sociabilidade recorrente, levou à produção da linguagem.

Podemos imaginar os hominídeos primitivos como seres que viviam em pequenos grupos, ou famílias extensas, em constante movimento pela savana (Figura 68). Alimentavam-se sobretudo do que colhiam, como sementes e nozes, mas também da caça ocasional. Como eram bípedes, tinham as mãos livres para carregar os alimentos por grandes trechos até seu grupo de base, não precisando levá-los no aparelho digestivo, como acontece com o resto do reino animal. As descobertas fósseis indicam que essa conduta de transportadora era parte integrante da conformação da vida social. Fêmea e macho, unidos por uma sexualidade permanente e não mais sazonal, como nos outros primatas, compartilhavam alimentos e cooperavam na criação dos filhos. Isso dentro do domínio das estreitas coordenações de conduta aprendidas (lingüísticas) que ocorrem na contínua cooperação de uma família extensa.

DISTRIBUIÇÃO MUNDIAL DE COLHEITEIROS-CAÇADORES (10.000 a.C.)

População mundial:
10 milhões
Porcentagem de colheiteiros-caçadores: 100%



LOCALIZAÇÕES CONHECIDAS DE COLHEITEIROS-CAÇADORES CONTEMPORÂNEOS

População mundial:
3 bilhões
Porcentagem de colheiteiros-caçadores: 0,01%



- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Esquimós - Alasca | 7. Korokas - Angola |
| 2. Esquimós - Territórios do Noroeste | Bantos - Angola |
| 3. Esquimós - Groenlândia | 8. Bosquímanos - África do Sul, Botswana |
| 4. Akuri - Suriname | 9. Birhar - Índia Central |
| 5. Pigmeus - Zaire | 10. Andamaneses - Ilha de Andaman |
| 6. Ariangulos - Tanzânia | 11. Rues - Tailândia |
| Boni - Tanzânia | 12. Aborígenes australianos - Austrália |
| Sanye - Tanzânia | ? Presença não-verificada de colheiteiros-caçadores |

Figura 68. No período neolítico, as populações humanas eram colheitadoras-caçadoras (mapa acima). Essas origens estão ocultas nos estilos de vida atuais (mapa inferior).

Esse modo de vida de contínua cooperação e coordenação comportamental teria constituído o âmbito lingüístico. A conservação deste, por sua vez, teria levado a deriva estrutural dos hominídeos a aumentar continuamente a capacidade de fazer distinções dentro desse âmbito de coordenações comportamentais cooperativas entre indivíduos em convívio estreito. Essa participação recorrente dos hominídeos nos domínios lingüísticos que geram em sua socialização deve ter sido uma dimensão determinante na efetiva ampliação de tais domínios até a reflexão que deu origem à linguagem — ou seja, quando as condutas lingüísticas passaram a ser objeto da coordenação comportamental lingüística, da mesma forma que as ações no meio são objetos das coordenações comportamentais. Por exemplo, na intimidade das interações individuais recorrentes, que personalizam o outro com uma distinção lingüística particular, que opera como vocativo individual, poderiam ter ocorrido as condições para o aparecimento da reflexão lingüística.

Até onde podemos imaginar, tal foi a história da deriva estrutural dos hominídeos que levou ao surgimento da linguagem. Com essa herança e com as mesmas características fundamentais é que operamos hoje em dia, numa deriva estrutural que conserva a socialização e a conduta lingüística descritas acima.

Janelas experimentais para o mental

As características únicas da vida social humana e seu intenso acoplamento lingüístico foram capazes de gerar um fenômeno novo, ao mesmo tempo tão próximo e tão distante de nossa própria experiência: a mente e a consciência. Será que podemos fazer algumas perguntas experimentais que nos revelem esse fenômeno de modo mais claro? Por exemplo, poderíamos perguntar a um símio: “Como se sente sendo um macaco?” Infelizmente, parece que essa pergunta ficará para sempre sem resposta, já que não podemos construir com os macacos um domínio de convivência que admita tais distinções comportamentais (“sentir-se”) como distinções lingüísticas na linguagem. É a riqueza (diversidade) das interações recorrentes que individualiza o outro na coordenação lingüística, tornando

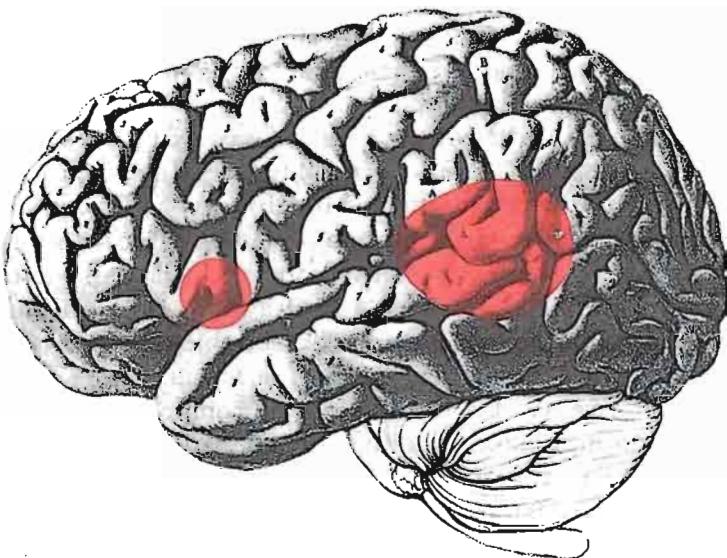


Figura 69. O calcanhar-de-aquiles para a habilidade lingüística oral humana (em vermelho).

possível a linguagem e determinando seu caráter e amplitude. A pergunta, portanto, permanece.

Talvez um modo mais óbvio de contrastar a experiência dos primatas com a humana seja não por meio da linguagem, e sim pelo recurso a este objeto tão ligado à reflexão: o espelho. Os animais, em geral, tratam comportamentalmente sua imagem no espelho como se fosse a presença de outro animal. Os cães latem ou balançam o rabo para sua imagem; os gatos fazem algo equivalente. Entre os primatas, os macacos têm uma conduta claramente parecida, e respondem com toda sorte de gestos a seu reflexo. Mas os gorilas, ao se confrontar pela primeira vez com um espelho, demonstram surpresa, mas logo se acostumam ao efeito e o ignoram. Para explorar essa reação

à própria imagem, aparentemente tão distinta da dos outros animais, anestesiaram um gorila e pintaram entre seus olhos um ponto colorido, visível somente ao espelho. Quando o animal saiu da anestesia e foi confrontado com o espelho — surpreso — sua mão se dirigiu ao ponto colorido em sua testa para examiná-lo. Era de esperar que o animal estendesse a mão para tocar o ponto na imagem, onde a via. Tais resultados levaram a pensar que poderiam ser indicações de que existe, ao menos entre os gorilas e outros primatas superiores, uma certa possibilidade de auto-imagem e portanto de reflexão. Quais seriam os mecanismos recursivos que lhes permitiriam tal reflexo está longe de ser claro, se é que existem de todo. E, se existirem, talvez tenham uma forma muito limitada e parcial. Tal não ocorre com o homem, pois nele a linguagem torna a capacidade de reflexão inseparável de sua identidade.

Uma janela muito ampla, que permite entrever o papel do acoplamento lingüístico na geração do mental nos humanos, foi aberta por alguns experimentos feitos com pacientes submetidos a tratamentos neurocirúrgicos.

Os mais notáveis são uma série de estudos de um grande número de pessoas que sofrem de epilepsia — uma síndrome que, em sua pior manifestação, produz epicentros de atividades elétricas que se expandem por todo o córtex, sem nenhuma regulação (Figura 70). Como consequência, a pessoa sofre convulsões e perda de consciência, além de toda uma série de outros sintomas bastante incapacitadores. Tentou-se há alguns anos, em casos extremos de epilepsia, evitar a invasão



Figura 70. Ataque de epilepsia do rei inca, segundo gravura da época (século XVII).



R. W. Sperry, *The Harvey Lectures* 62:293, 1968.

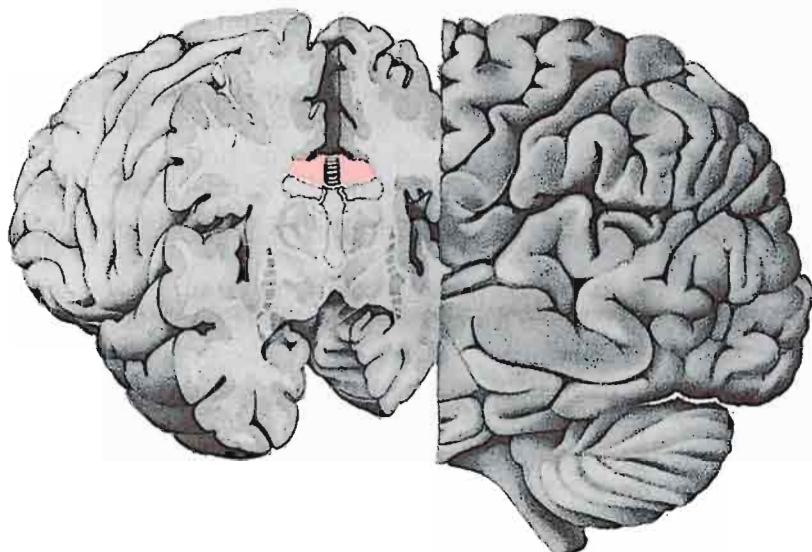


Figura 71. Desconexão inter-hemisférica no tratamento da epilepsia: o corpo caloso seccionado aparece em vermelho.

transcortical da atividade epiléptica cortando-se a conexão mais importante entre os hemisférios cerebrais: o corpo caloso (Figura 71). O resultado foi que a epilepsia do indivíduo melhorou, mas seus hemisférios haviam deixado de funcionar como uma unidade, como acontece com uma pessoa normal.

Já mencionamos que certas zonas do córtex precisam estar intactas para que a fala seja possível. Em quase todos os seres humanos, basta que tais áreas estejam íntegras num só lado preferencial — geralmente o esquerdo. Por isso se diz que há uma lateralização na linguagem. O que ocorre, então, com a interação lingüística desses sujeitos que perderam a conexão entre seus hemisférios?

Em situações cotidianas, não se nota aparentemente nenhuma diferença. Os pacientes operados podem retomar suas atividades normais, e não poderíamos distingui-los de outros convidados de um coquetel. Mas há maneiras de gerar, num laboratório, uma interação preferencial com o hemisfério esquerdo ou com o direito separadamente. Tal experimento se

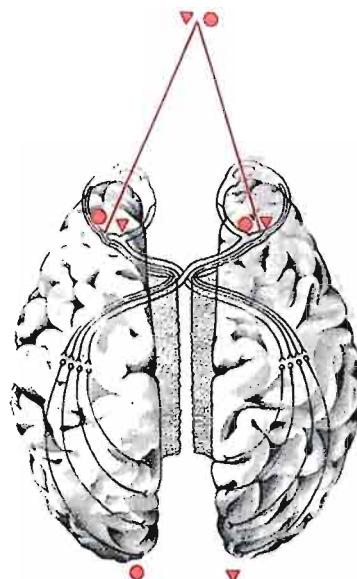


Figura 72. Geometria da projeção da retina sobre o córtex. Perturbações situadas no lado esquerdo afetam exclusivamente o córtex do lado direito.

baseia na anatomia do sistema visual, que faz com que tudo o que vejamos no lado esquerdo de nosso campo visual perturbe neurônios que se encontram no hemisfério direito, e vice-versa (ver diagrama da Figura 72). Assim, fixando o olhar de um sujeito e controlando a localização em seu campo visual das imagens de teste, podemos escolher interagir preferencialmente com o córtex direito ou com o córtex esquerdo.

Essa situação experimental revela condutas distintas na pessoa, caso a interação se dê pela direita ou pela esquerda. Por exemplo: o sujeito senta-se na frente de uma tela de projeções com a instrução de escolher, dentre os vários objetos ocultos à sua frente, aquele que corresponde à imagem projetada (Figura 73). Se à esquerda do ponto de fixação (portanto sobre o hemisfério direito) é projetada a imagem de uma colher, o sujeito não tem problema em encontrar a colher pelo tato e exibi-la. Mas se, em vez da imagem de uma colher, projetar-se a palavra “colher”, o sujeito fica sem ação. Quando questionado, confessa que não viu nada. Interações faladas ou

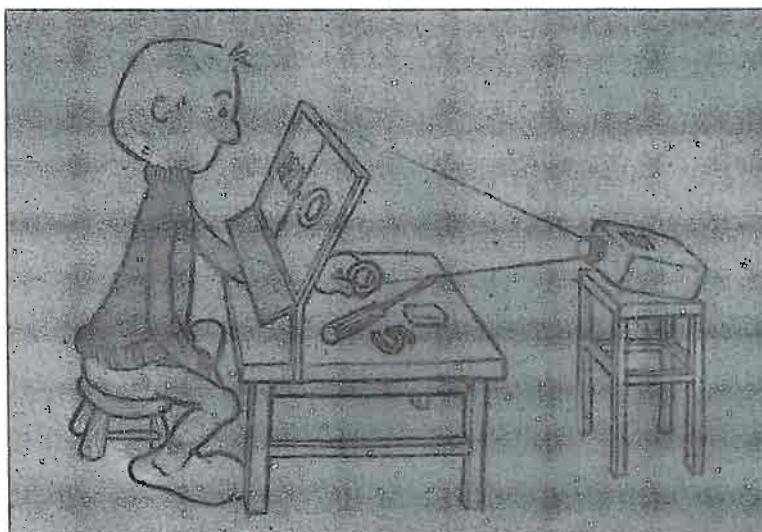


Figura 73. Situação experimental para o estudo da conduta de pessoas com secção do corpo caloso. Posicionado de modo a não ver as mãos nem os objetos a serem manipulados, o sujeito vê imagens projetadas à direita ou à esquerda de seu campo visual e deve identificá-las com as mãos ou com a fala.

escritas envolvendo apenas o córtex direito são tão ininteligíveis para uma pessoa que teve seu corpo caloso seccionado, não podendo mais interagir com o córtex esquerdo com a linguagem escrita, como para um bebê ou um macaco. No entanto, tal pessoa é perfeitamente capaz de participar, com o campo visual esquerdo, de outros domínios lingüísticos, como demonstram esses mesmos experimentos.

Em vez de mostrar ao sujeito uma colher do lado direito do campo visual, mostramos uma linda modelo nua. Ele fica vermelho e embarracado. Quando lhe perguntamos o que houve, ele responde: "Mas que máquina engraçada essa sua, doutor." Ou seja, a pessoa é capaz de empregar a linguagem falada em interações que só envolvem o hemisfério esquerdo, mas simplesmente não tem acesso a fazer descrições orais das interações que ocorreram com seu hemisfério direito, do qual o hemisfério esquerdo foi desconectado. Não há recursividade sobre aquilo a que não se tem acesso. O sujeito acoplou-se à

nossa linguagem, mas não viu a mulher nua. Só lhe aconteceu uma mudança em nível emocional, certamente relacionada com as conectividades de ambos os hemisférios com outras zonas do sistema nervoso conservadas intactas. Diante dessa mudança emocional, o hemisfério lingüístico constrói uma história assim: "Mas que máquina engraçada essa sua, doutor."

Podemos ir mais além. Há uma porcentagem pequena de seres humanos em que a destruição de qualquer dos hemisférios não interfere com a linguagem. Ou seja, neles existe apenas uma leve lateralização. Para nossa sorte, uma dessas raras pessoas foi um paciente submetido a uma comissurotomia e voluntário do mesmo tipo de experimento que descrevemos. A diferença é que com ele era possível interagir tanto pelo campo visual esquerdo como pelo direito e pedir respostas que exigiam reflexão lingüística. Paul, um nova-iorquino de 15 anos, era capaz, por exemplo, de selecionar a colher, quando a solicitavam por meio da palavra escrita, em ambos os hemisférios.

Conseqüentemente, criou-se para Paul uma nova estratégia experimental. O pesquisador começava com uma pergunta oral como: "Quem...?", e os espaços em branco eram completados por uma imagem projetada num dos campos visuais, por exemplo, as palavras "é você?". Tal pergunta, projetada dos dois lados, recebeu a mesma resposta: "Paul." Diante da pergunta: "Que dia é amanhã?", o menino deu a resposta adequada: "Domingo." Quando foi dirigida ao hemisfério esquerdo a pergunta: "O que você quer ser quando crescer?", a resposta foi: "Piloto de automóvel." Isso é fascinante; pois a mesma pergunta apresentada ao lado direito recebeu como resposta: "Desenhista."

As observações indicam que, nesse caso, a interação com ambos os hemisférios provoca condutas que habitualmente identificamos como as de uma mente consciente, capaz de reflexão. Isso é muito importante. A diferença entre Paul e os outros pacientes, que são incapazes dessa duplicação na capa-

 M. S. Gazzaniga e J. E. LeDoux, *The integrated mind*, Cornell University Press, Nova Iorque, 1978.

cidade lingüística oral, com a participação independente de ambos os hemisférios na reflexão lingüística falada, mostra que sem a recursividade lingüística não teria aparecido a linguagem nem a mente (ou algo assim identificável) em nosso domínio de distinções.

O caso de Paul nos revela mais ainda. No curso de uma interação lingüística oral, parecia que o hemisfério esquerdo era o predominante. Por exemplo, quando projetavam uma ordem escrita ao hemisfério direito, tal como "ria", Paul efetivamente fingia uma risada. Quando perguntavam ao hemisfério esquerdo por que o riso, o menino replicava algo como: "É que vocês são gozados." Quando apareceu a ordem "Coce-se", a resposta de qual era o motivo da ação foi: "Estou com coceira." Ou seja, o hemisfério predominante não teve problemas em inventar alguma *coerência descritiva* para dar conta das ações que viu ocorrer, mas que estão fora de sua experiência direta devido à desconexão com o outro hemisfério.

O mental e a consciência

Todos esses experimentos nos dizem algo fundamental sobre a maneira como diariamente organizamos e damos coerência à contínua concatenação de reflexões que chamamos consciência e que associamos à nossa identidade. Por um lado, nos mostram que o operar recursivo da linguagem é condição sine qua non para a experiência que associamos ao mental. Por outro, essas experiências, fundadas no lingüístico, se organizam com base numa variedade de estados de nosso sistema nervoso. Como observadores, não temos necessariamente um acesso direto a tais estados, mas estes ocorrem sempre de maneira a manter a coerência de nossa deriva ontogênica. No domínio lingüístico de Paul, não é possível que este ria sem uma explicação coerente de tal ação. Portanto, sua vivência lhe imputa alguma causa, tal como: "É que vocês são gozados", conservando com essa reflexão a coerência descritiva de sua história.

O caso de Paul revela, até certo ponto, como consciências desconexas operam dentro de um mesmo organismo, e as-

sim também revela um mecanismo que opera dentro de nós constantemente. Ou seja, mostra-nos que, na rede de interações lingüísticas em que nos movemos, *mantemos uma contínua recursão descritiva que chamamos de “eu”, e que nos permite conservar nossa coerência operacional lingüística e nossa adaptação ao domínio da linguagem.*

Isso não deve surpreender a essa altura de nossa apresentação. Vimos que um ser vivo se conserva como unidade sob continuas perturbações do meio e de seu próprio operar. Vimos em seguida que o sistema nervoso produz uma dinâmica comportamental ao gerar relações internas de atividade neural em sua clausura operacional. O sistema vivo, em todos os níveis, organiza-se de forma a gerar regularidades internas. No domínio do acoplamento social e da comunicação — na “trofolaxes” lingüística — produz-se o mesmo fenômeno. Mas a coerência e estabilização da sociedade como unidade dependerá nesse caso de mecanismos tornados possibilitados pelo operar lingüístico e sua ampliação na linguagem. Essa nova dimensão de coerência operacional de nosso linguajar é o que experimentamos como consciência e como “nossa” mente.

As palavras, como sabemos, são ações, e não coisas que passam de lá para cá. É nossa história de interações recorrentes que nos permite um acoplamento estrutural interpessoal efetivo. Descobrimos que compartilhamos um mundo que especificamos em conjunto por meio de nossas ações. Isso é tão evidente a ponto de nos ser literalmente invisível. Só quando nosso acoplamento estrutural fracassa em alguma dimensão de nosso existir é que refletimos e nos damos conta de até que ponto a trama de nossas coordenações comportamentais na manipulação do nosso mundo e a comunicação são inseparáveis de nossa experiência. Tais fracassos circunstanciais em alguma dimensão de nosso acoplamento estrutural são comuns em nossa vida cotidiana, desde a compra de um pão até a educação de um filho. São a motivação para novas maneiras de acoplamento e novas descrições. E assim, *ad infinitum*. Geralmente não nos damos conta da textura histórica por trás das coerências lingüísticas e biológicas envolvidas nas ações mais simples de nossa vida social. Por exemplo: o leitor já

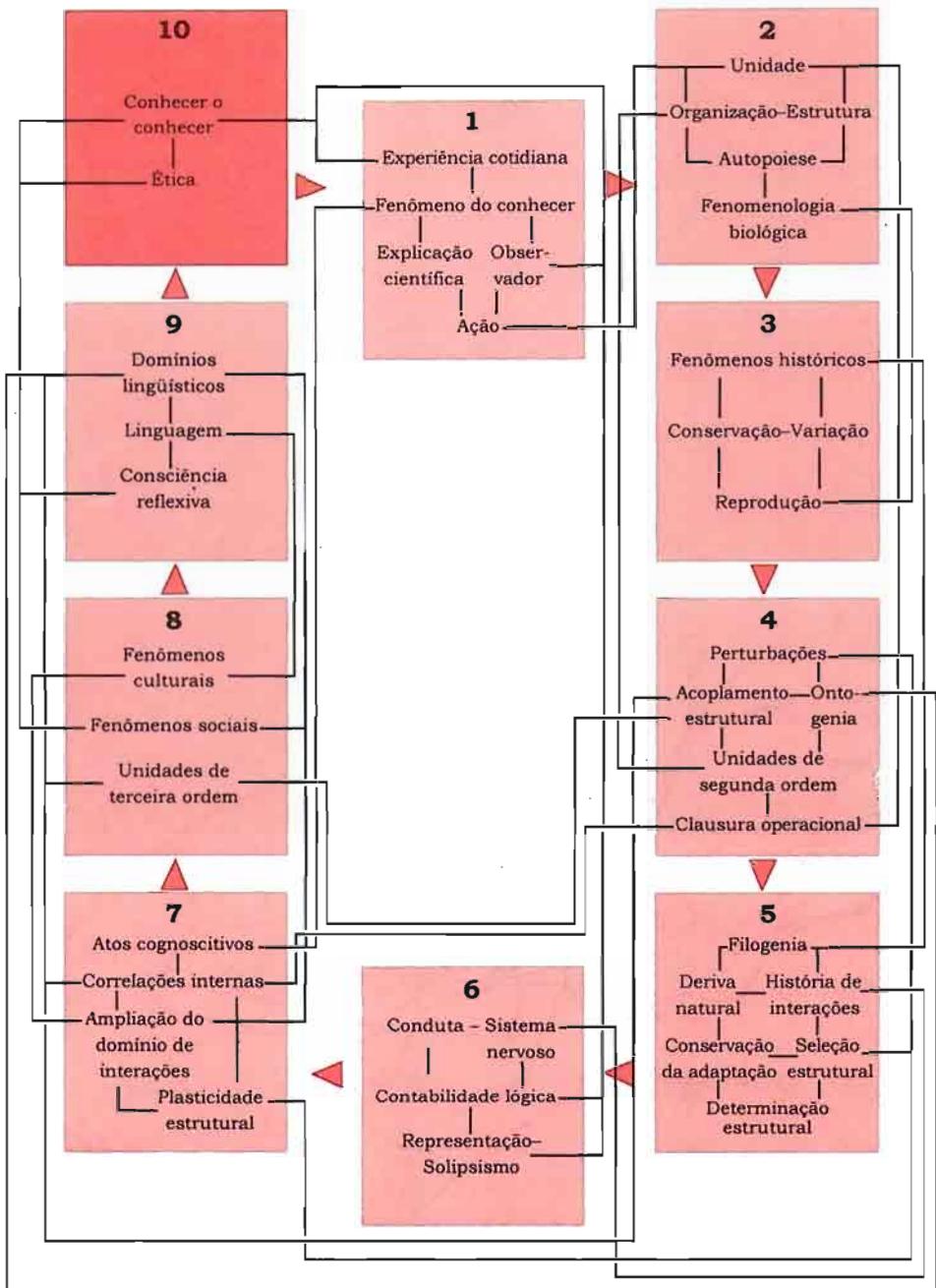
prestou atenção na incrível textura que subjaz à conversa mais banal, aos variados tons de voz, às seqüências de uso das palavras, às superposições de ações entre os interlocutores? Há tanto tempo que nos acoplamos assim que nossa ontogenia nos parece simples e direta. Na verdade, a vida ordinária, a vida de todos os dias, é uma refinada coreografia de coordenações comportamentais.

Portanto, o surgimento da linguagem humana, bem como todo contexto social em que esta aparece, gera o fenômeno inédito — até onde sabemos — do mental e da consciência de si como a experiência mais íntima do homem. Sem o desenvolvimento histórico das estruturas adequadas é impossível entrar no domínio humano — como ocorreu à menina-lobo. Ao mesmo tempo, como fenômeno do linguajar na rede de acoplamento social e lingüístico, o mental não é algo que está dentro de meu crânio, não é um fluido de meu cérebro: a consciência e o mental pertencem ao domínio do acoplamento social, e é neste que se dá sua dinâmica. É também nesse domínio que o mental e a consciência operam como seletores do caminho que segue nossa deriva estrutural ontogênica. Além disso, já que pertencemos a um domínio de acoplamento humano, podemos tratar a nós mesmos como fontes de interações lingüísticas seletoras de nosso vir-a-ser. Mas, como Robinson Crusoé entendeu muito bem ao manter um calendário, ler a Bíblia todas as tardes e se vestir para o jantar, comportando-se como se existissem outros ao seu redor, é a rede de interações lingüísticas que nos torna o que somos. Nós, que dizemos tudo isso como cientistas, não somos diferentes.

A estrutura compromete. Nós humanos, como humanos, somos inseparáveis da trama de acoplamentos estruturais tecida pela nossa “trofolaxes” lingüística permanente. A linguagem nunca foi inventada por um sujeito isolado na apreensão de um mundo externo e, portanto, não pode ser usada como ferramenta para revelar um tal mundo. Ao contrário, é dentro do linguajar mesmo que o ato de conhecer, na coordenação comportamental que é a linguagem, produz um mundo. Realizamos a nós mesmos em mútuo acoplamento lingüístico, não porque a linguagem nos permita dizer o que somos, mas por-

que somos na linguagem, num contínuo existir nos mundos lingüísticos e semânticos que produzimos com os outros. Encontramos a nós mesmos nesse acoplamento, não como a origem de uma referência, nem em referência a uma origem, mas sim em contínua transformação no vir-a-ser do mundo lingüístico que construímos com os outros seres humanos.





10

A ÁRVORE DO CONHECIMENTO



Figura 74. Desenho de Humberto R. Maturana.

O conhecer e o conheededor

Como as mãos da gravura de Escher (Figura 7), este livro também seguiu um itinerário circular. Partimos das qualidades de nossa experiência, comuns a nossa vida social conjunta, e desse ponto de partida fizemos um longo percurso pela autopoiese celular, a organização dos metacelulares e seus domínios condutuais, a clausura operacional do sistema nervoso, os domínios lingüísticos e a linguagem. Aos poucos fomos armando com peças simples um sistema explicativo capaz de mostrar como surgem os fenômenos próprios dos seres vivos. Assim, acabamos por mostrar como os fenômenos sociais, fundados num acoplamento lingüístico, dão origem à linguagem, e como a linguagem, a partir de nossa experiência cotidiana do conhecer, nos permite gerar a explicação de sua origem. O começo é o final.

Cumprimos assim a tarefa que nos propusemos no inicio, qual seja, que a teoria do conhecimento deveria mostrar como o fenômeno do conhecer gera a explicação do conhecer. É uma situação muito diferente das que normalmente encontramos, em que o fenômeno do explicar e o fenômeno explicado pertencem a domínios distintos.

Pois bem, se o leitor seguiu com *seriedade* o que foi dito nestas páginas, talvez se sinta motivado a ver todo o seu fazer no mundo que produz — ver, saborear, preferir, rejeitar ou conversar — como produto dos mecanismos que descrevemos. Se conseguimos seduzir o leitor a ver em si a mesma natureza desses fenômenos, este livro terá cumprido seu primeiro objetivo.

Mas esse projeto nos coloca numa situação inteiramente circular, que produz uma certa vertigem parecida com o efeito da gravura de Escher. A sensação é de não termos um ponto de referência fixo e absoluto, onde ancorar nossas descrições e assim afirmar e defender sua validez. Com efeito, a suposição de um mundo objetivo, independente de nós como observadores e acessível ao nosso conhecimento por meio de nosso sistema nervoso, não permite entender como este fun-

ciona em sua dinâmica estrutural, pois exige que o meio especifique seu operar. Mas, se não afirmamos a objetividade do mundo, parece que estamos propondo que tudo é pura relatividade, que tudo é possível, que negamos toda legalidade. Sendo assim, ficamos diante do problema de entender como nossa experiência está acoplada a um mundo que vivenciamos como contendo regularidades que resultam de nossa história biosocial.

Novamente temos de caminhar sobre o fio da navalha, evitando os extremos representacional (ou objetivista) e solipsista (ou idealista). Nessa linha mediana, encontramos a regularidade do mundo que experimentamos a cada momento, mas sem nenhum ponto de referência independente de nós mesmos que garantisse a estabilidade absoluta de nossas descrições. Na verdade, todo mecanismo de geração de nós próprios como agentes de descrições e observações nos explica que nosso mundo, bem como o mundo que produzimos em nosso ser com outros, sempre será *precisamente* essa mescla de regularidade e mutabilidade, essa combinação de solidez e de areias move-dicas, tão própria da experiência humana quando examinada de perto.

Todavia, é evidente que não podemos sair desse círculo e nos evadir do nosso domínio cognitivo. Seria como mudar, pôr um *fiat* divino, a natureza do cérebro, a natureza da linguagem, a natureza do vir-a-ser — ou seja, a natureza da natureza. Estamos continuamente imersos nesse passar de uma interação a outra, cujos resultados dependem da história. Todo fazer leva a um novo fazer: é o círculo cognitivo que caracteriza o nosso ser, num processo cuja realização está imersa no modo de ser autônomo do ser vivo.

Por meio dessa continua recursividade, todos os mundos produzidos necessariamente ocultam suas origens. Biologicamente, não há meio de desvendar como ocorreram as regularidades do mundo a que estamos acostumados, desde os valores ou preferências até as tonalidades das cores ou os odores. O mecanismo biológico nos indica que uma estabilização operacional na dinâmica do organismo não incorpora a manei-

ra como este se originou. Nossas visões do mundo e de nós mesmos não conservam registros de suas origens. As palavras da linguagem (na reflexão lingüística) passam a ser objetos que ocultam as coordenações comportamentais que as constituem operacionalmente no domínio lingüístico. Daí que tenhamos tantos e renovados “pontos cegos” cognitivos, que não vejamos que não vemos, que não percebemos que ignoramos. Só quando alguma interação nos tira do óbvio — por exemplo, ao sermos bruscamente transportados a um meio cultural diferente — e nos permitimos refletir, é que nos damos conta da imensa quantidade de relações que tomamos como garantidas.

A bagagem de regularidades próprias ao acoplamento de um grupo social é sua tradição biológica e cultural. A tradição é uma maneira de ver e atuar, mas também um modo de ocultar. Toda tradição se baseia no que uma história estrutural acumulou como óbvio, como regular, como estável, e a reflexão que permite ver o óbvio opera somente com aquilo que perturba essa regularidade.

Tudo o que temos em comum como seres humanos é uma tradição biológica que começou com a origem da vida e que se estende até hoje, nas variadas histórias dos seres humanos deste planeta. É devido a nossa herança biológica comum que temos os fundamentos de um mundo comum e não estranhemos que, para todos os seres humanos, o céu seja azul e o sol raiar a cada manhã. De nossas heranças lingüísticas diferentes surgem todas as diferenças de mundos culturais que podemos viver como seres humanos e que, dentro dos limites biológicos, podem ser tão diversas como se queira.

Todo conhecer humano pertence a um desses mundos, e é sempre vivido dentro de uma tradição cultural. A explicação dos fenômenos cognitivos que apresentamos neste livro se situa dentro da tradição da ciência e se valida por critérios científicos. No entanto, é uma explicação singular dentro dessa tradição ao mostrar como, ao tentar conhecer o conhecer, acabamos por nos encontrar com nosso próprio ser. O conhecer do conhecer não se ergue como uma árvore com um ponto de partida sólido, que cresce gradualmente até esgotar tudo o que

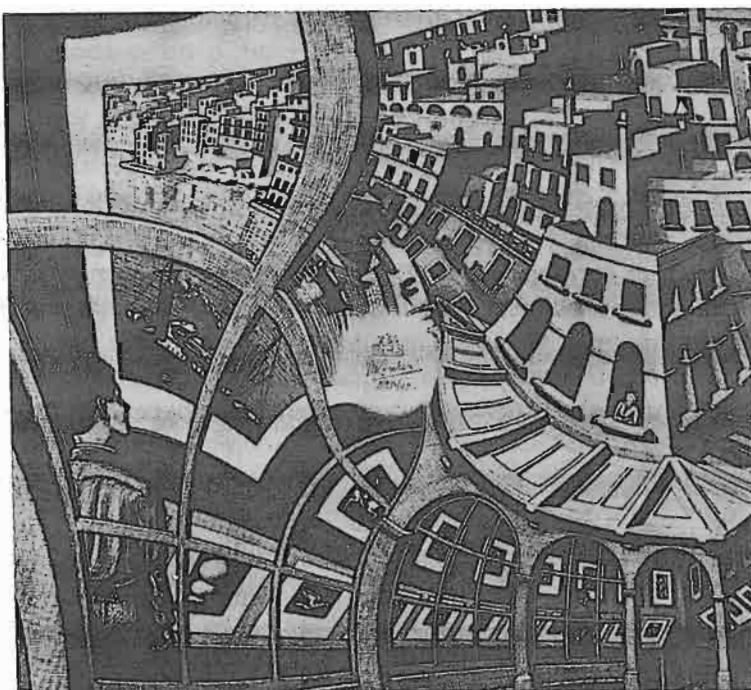


Figura 75. *A galeria de quadros*, de M. C. Escher.

há para conhecer. Parece-se mais com a situação do rapaz na *Galeria dos quadros*, de Escher (Figura 75), que admira um quadro que, de modo gradual e imperceptível, se transforma na cidade e na galeria onde ele próprio se encontra. Não sabemos onde situar o ponto de partida: fora ou dentro? A cidade ou a mente do rapaz? O reconhecimento dessa circularidade cognitiva, no entanto, não constitui um problema para a compreensão do fenômeno do conhecer, já que funda o ponto de partida que permite sua explicação científica.

O conhecimento do conhecimento compromete

Diz o texto bíblico que, quando Adão e Eva comeram do fruto da árvore do conhecimento do bem e do mal, foram

transformados em seres diferentes e nunca mais voltaram à antiga inocência. Antes, seu conhecimento do mundo se expressava em sua nudez. Viviam nessa nudez na inocência do mero saber. Depois, quando souberam que estavam nus, souberam que sabiam.

Ao longo deste livro, percorremos a “árvore do conhecimento”, vendo-a como o estudo científico dos processos que subjazem ao conhecimento. E, se seguimos seus argumentos e internalizamos suas consequências, percebemos também que são inescapáveis. O *conhecimento do conhecimento compromete*. Compromete-nos a tomar uma atitude de permanente vigilância contra a tentação da certeza, a reconhecer que nossas certezas não são provas da verdade, como se o mundo que cada um de nós vê fosse *o mundo*, e não *um mundo*, que produzimos com outros. Compromete-nos porque, ao saber que sabemos, não podemos negar o que sabemos.

É por isso que tudo o que dissemos aqui, esse saber que sabemos, conduz a uma ética inescapável, que não podemos desprezar. Uma ética que emerge da consciência da estrutura biológica e social dos seres humanos, que brota da reflexão humana e a coloca no centro como fenômeno social constitutivo. Equivale a buscar as circunstâncias que permitem tomar consciência da situação em que estamos — qualquer que seja — e olhá-la de uma perspectiva mais abrangente e distanciada. Se sabemos que nosso mundo é sempre o mundo que construímos com outros, toda vez que nos encontrarmos em contradição ou oposição a outro ser humano *com quem desejamos conviver*, nossa atitude não poderá ser a de reafirmar o que vemos do nosso próprio ponto de vista, e sim a de considerar que nosso ponto de vista é resultado de um acoplamento estrutural dentro de um domínio experiencial *tão válido como o de nosso oponente, ainda que o dele nos pareça menos desejável*. Caberá, portanto, buscar uma perspectiva mais abrangente, de um domínio experiencial em que o outro também tenha lugar e no qual possamos, com ele, construir um mundo. O que a biologia está mostrando, se o que dissemos neste livro está correto, é que a unicidade do ser humano, seu patrimônio exclusivo, encontra-se nessa percepção de um acoplamento so-

ÉTICA

Todo ato humano ocorre na linguagem. Todo ato na linguagem produz o mundo que se cria com outros no ato de convivência que dá origem ao humano: por isso, todo ato humano tem sentido ético. Esse vínculo do humano com o humano é, em última análise, o fundamento de toda ética como reflexão sobre a legitimidade da presença do outro.



cioestrutural em que a linguagem tem um papel duplo: por um lado, o de gerar as regularidades próprias do acoplamento estrutural social humano, que inclui, entre outros fenômenos, a identidade pessoal de cada um de nós; por outro, o de constituir a dinâmica recursiva do acoplamento socioestrutural. Esse acoplamento produz a reflexividade que permite o ato de mirar a partir de uma perspectiva mais abrangente, o ato de sair do que até este momento era invisível ou intransponível para ver que, como seres humanos, só temos o mundo que criamos com outros. A esse ato de ampliar nosso domínio cognitivo reflexivo, que sempre implica uma experiência nova, só podemos chegar pelo raciocínio motivado pelo encontro com o outro, pela possibilidade de olhar o outro como um igual, num ato que habitualmente chamamos de *amor* — ou, se não quisermos usar uma palavra tão forte, *a aceitação do outro ao nosso lado* na convivência. Esse é o fundamento biológico do fenômeno social: sem amor, sem a aceitação do outro ao nosso lado, não há socialização, e sem socialização não há humanidade. Tudo o que limite a aceitação do outro — seja a competição, a posse da verdade ou a certeza ideológica — destrói ou restringe a ocorrência do fenômeno social e, portanto, também o humano, porque destrói o processo biológico que o gera. Não se trata de moralizar — não estamos pregando o amor, mas apenas

destacando o fato de que *biologicamente, sem amor, sem a aceitação do outro, não há fenômeno social*. Se ainda se convive assim, é hipocritamente, na indiferença ou ativa negação.

Descartar o amor como fundamento biológico do social, assim como as implicações éticas do amor, seria negar tudo o que nossa história de seres vivos, de mais de três bilhões e meio de idade, nos legou. Não prestar atenção no fato de que todo conhecer é fazer, não ver a *identidade entre ação e conhecimento*, não ver que todo ato humano, ao construir o mundo pelo linguajar, tem um caráter ético porque se dá no domínio social, equivale a não se permitir ver que as maçãs despencam ao chão. Agir assim, sabendo que sabemos, seria um auto-engano e uma negação intencional. Para nós, portanto, este livro tem não apenas o propósito de ser uma pesquisa científica, mas também o de nos oferecer uma compreensão do ser humano na dinâmica social e nos libertar de uma cegueira fundamental: a de não nos darmos conta de que só temos o mundo que criamos com o outro, e que só o amor nos permite criar esse mundo em comum. Se conseguimos seduzir o leitor a fazer essa reflexão, o livro cumpliu seu segundo objetivo.

Afirmamos que no cerne das dificuldades do homem moderno está seu desconhecimento do conhecer.

Não é o conhecimento, mas o conhecimento do conhecimento o que nos compromete. Não é saber que a bomba mata, e sim o que queremos fazer com a bomba que determina se a usaremos ou não. Isso geralmente se ignora ou se finge desconhecer para evitar a responsabilidade que nos cabe em todos os nossos atos cotidianos, já que todos os nossos atos, sem exceção, contribuem para formar o mundo em que existimos e que legitimamos precisamente por meio desses atos, num processo que configura nosso vir-a-ser. Cegos diante da transcendência de nossos atos, fingimos que o mundo tem um vir-a-ser independente de nós, justificando assim nossa irresponsabilidade e confundindo a imagem que buscamos projetar, o papel que representamos, com o ser que verdadeiramente construímos em nosso viver diário.

Chegamos ao final. Que o leitor não busque aqui receitas para seu fazer concreto. A intenção deste livro foi convidá-lo a uma reflexão que o leve a conhecer seu conhecer. A responsabilidade de fazer de tal conhecimento a substância de sua ação está em suas mãos.

Era uma vez uma ilha que ficava em Algum Lugar, cujos habitantes desejavam intensamente ir para outra região e fundar um mundo mais saudável e digno. O problema, todavia, era que a arte e a ciência de natação e da navegação nunca haviam sido desenvolvidas, ou talvez tivessem sido esquecidas. Por isso, havia habitantes que nem sequer pensavam em alternativas à vida na ilha, enquanto outros procuravam encontrar soluções para seus problemas, sem contudo pensar em cruzar as águas. De vez em quando, alguns nativos reinventavam a arte de nadar e navegar. Também de vez em quando, algum estudante ia até eles e entabulavam um diálogo mais ou menos assim:

- O que está disposto a fazer para consegui-lo?
- Nada. Só desejo levar comigo minha tonelada de repolho.
- Que repolho?
- A comida que precisarei do outro lado, ou seja lá onde for.
- Mas há outros alimentos do outro lado.
- Não sei o que está dizendo. Não estou seguro. Tenho de levar meu repolho.
- Mas não poderá nadar com uma tonelada de repolho. É muito peso.
- Então não posso aprender. Chama meu repolho de carga, mas eu o chamo de meu alimento essencial.
- Suponhamos que, em vez de repolhos, digamos idéias adquiridas, ou pressuposições, ou certezas?

 I Shah, *The sufis*, Anchor Books, Nova Iorque, 1964, pp. 2-15.

— Hum... Vou levar meus repolhos para alguém que entenda minhas necessidades.



GLOSSÁRIO

Ácidos nucléicos: cadeias de nucleotídeos (veja DNA e RNA).

Aminoácidos: moléculas orgânicas que compõem as proteínas. Cada aminoácido é formado por um grupo amino, um grupo ácido e de um resíduo molecular próprio a cada tipo de aminoácido.

Antropóides: grupo dos primatas superiores que inclui os gorilas, os chimpanzés, os gibões e os orangotangos.

Ano-luz: unidade de distância astronômica que corresponde à distância percorrida por um raio de luz em um ano. A velocidade da luz é de aproximadamente 300.000 quilômetros por segundo.

Axônio: extensão protoplasmática neural única, capaz de conduzir um impulso nervoso.

Bactérias: seres vivos unicelulares sem compartmentalização interna (procariontes).

Cerebelo: lóbulo da porção cefálica do sistema nervoso dos vertebrados que tem participação ativa na regulação fina da atividade muscular.

Ciclo estral: sexualidade periódica, sazonal ou mensal, nos mamíferos de sexo feminino.

Comprimento de onda: grandeza que caracteriza a freqüência das vibrações das diferentes cores do espectro luminoso e, em geral, das diferentes radiações eletromagnéticas.

Cromossomos: componentes do núcleo celular formados por ácidos nucléicos altamente comprimidos e proteínas. São facilmente visíveis durante a divisão celular e seu número é fixo em cada espécie.

Corpo caloso: conjunto de axônios que interconectam os córtices cerebrais de ambos os hemisférios.

Córtex: sistema de camadas de neurônios que cobrem os hemisférios cerebrais.

Dendrites: extensões protoplásmicas neurais, de número e formato variados, que conduzem impulsos nervosos.

DNA (ácido desoxirribonucléico): principal ácido nucléico que constitui os cromossomos. Tem participação crucial na síntese das proteínas celulares ao especificar a seqüência de aminoácidos por intermédio do RNA.

Esporos: células cobertas por uma resistente camada exterior.

Eucariontes: células com compartimentos citoplásmicos e outros, tais como as mitocôndrias e os cloroplastos.

Fenomenologia: conjunto de fenômenos associados às interações de uma classe de unidades.

Flagelo: organela celular em forma de filamento móvel.

Fóssil: restos ou vestígios deixados por um ser vivo.

Gametas: células que se fundem durante a reprodução sexuada, tais como o espermatozóide e o óvulo.

Gene: unidade descritiva hereditária na genética dos ácidos nucléicos e que corresponde a um segmento de DNA.

Hemisférios cerebrais: cada uma das porções céfálicas simétricas do sistema nervoso dos vertebrados.

Hominídeos: conjunto da espécie dos primatas que inclui o homem atual e seus ancestrais diretos.

Insulina: hormônio secretado pelo pâncreas que ajuda a regular a absorção de glicose.

Metabolismo celular: conjunto dos processos de transformações químicas dos componentes celulares que ocorrem permanentemente no interior da célula.

Mitose: processo de descompartimentalização celular que leva à reprodução da célula.

Mixomicetos: grupo de organismos eucariontes cujo ciclo de vida percorre fases com indivíduos amebóides dispersos e fases de agregação celular com ou sem fusão.

Nervo óptico: feixe de fibras nervosas que ligam a retina ao cérebro.

Neurônios: células que constituem o sistema nervoso e que possuem um axônio e uma dendrite.

Neurotransmissor: substância secretada nos terminais sinápticos que desencadeia mudanças elétricas no neurônio receptor.

Nucleotídeos: moléculas orgânicas que compõem os ácidos nucléicos. Cada nucleotídeo é formado pela união de uma molécula de açúcar (ribose ou desoxirribose), um ácido fosfórico e uma base nitrogenada (purinas ou pirimidinas).

Ontogenia: história das transformações de uma unidade como resultado de uma história de interações a partir de sua estrutura inicial.

Plasmódio: unidade multinuclear resultante da fusão de vários indivíduos unicelulares.

Procariontes: células sem compartimento nuclear.

Proteínas: moléculas orgânicas formadas pela união em cadeia de numerosos aminoácidos. Essa cadeia se dobra em formas tridimensionais dependendo da composição dos aminoácidos.

Protozoários: células eucariontes vivas e livres.

Quiloparsec: unidade de distância astronômica, que corresponde aproximadamente a 3.260 anos-luz.

Pseudópodes: extensões protoplasmáticas de células amebóides.

Reações termonucleares: transformações de partículas elementares que ocorrem sob condições de temperaturas altíssimas (da ordem de 10.000 graus).

Recursivo: recorrente, que se volta sobre si mesmo.

RNA (ácido ribonucléico): ácido nucléico que participa da síntese de proteínas no citoplasma celular.

Sinapse: ponto de contato estreito de dois neurônios, geralmente entre o axônio de um neurônio e as dentrites ou corpo celular de outro.

Trofolaxes: literalmente do grego: fluxo de alimentos.

Zigoto: célula resultante da fusão de dois gametas (células sexuais) que é o ponto de partida no desenvolvimento de um metacelular com reprodução sexuada.

Fontes das ilustrações

Figura 1: *Cristo coroado de espinhos*, de Hieronimus Bosch, Museu do Prado, Madri.

Figura 7: *Mãos que desenham*, de M.C. Escher, 1948 (28,5 x 34 cm), litografia, reproduzido de *The graphic work of M.C. Escher*, Nova Iorque: Meredith Press, 1967.

Figura 8: Reprodução da fotografia de uma galáxia. Cortesia de Hale Observatories.

Figura 9: Extraído de F. Hoyle, *Astronomy and cosmogony*, Freeman, San Francisco, 1975, p. 276.

Figura 11: Adaptado de R. Dickerson e I. Geis, *The structure and action of proteins*, Harper & Row, Nova Iorque, 1969.

Figura 12: Extraído de L. Margulis, *Symbiosis in cell evolution*, Freeman, San Francisco, 1981, p. 117.

Figura 14: Microfotografia de um embrião de sanguessuga. Cortesia do Dr. Juan Fernández, Depto de Biologia, Fac. de Ciências Básicas, Universidade do Chile.

Figura 15: Primeira divisão de um embrião de rato. Microscopia de varredura. Cortesia dos Drs. Carlos Doggenweiler e Luis Izquierdo,

Depto. de Biologia, Faculdade de Ciências Básicas, Universidade do Chile.

Figura 20: Água, óleo de G. Arcimboldo.

Figura 21: Extraído de J.T. Bonner, *The evolution of culture in animals*, Princeton University Press, 1980, p. 79.

Figura 22: Adaptado de J. T. Bonner, *Scientific American*, 1959.

Figura 23: Extraído de J.T. Bonner, *Size and cycle*, Princeton University Press, 1965, lâminas 6, 18, 25, 26.

Figura 24: Adaptado de J.T. Bonner, *Size and cycle*, op. cit., p. 17.

Figura 25: Retrato de C. Darwin, The Bettman Archives.

Figura 27: Adaptado de J. Valentine, *Scientific American*, setembro, 1979, p. 140.

Figura 28: Extraído de S. Stanley, *Macroevolution*, Freeman, San Francisco, 1979, p. 68, segundo o trabalho de C. Teichert (1967).

Figura 31: Adaptado de R. Lewontin, *Scientific American*, setembro, 1979, p. 212.

Figura 32: Orangotango roubando um rato de um gato. Extraído de Biruté Galdikos. Brindamour, *National Geographic*, vol. oct. 1975, p. 468.

Figura 34: Fotografias reproduzidas de C. MacLean, *The wolf children*, Penguin Books, Nova Iorque, 1977, Figuras 14, 15, 16, 35.

Figura 35: Adaptado de F. Kahn, *El hombre*; vol. ii, p. 235, Ed. Losada, Buenos Aires, 1944.

Figura 37: Extraído de Santiago Ramón y Cajal, *Histologie du système nerveux*, vol. 1, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madri, 1952, Figura 340.

Figura 38: Adaptado de J.T. Bonner, *The evolution of culture in animals*, op. cit., p. 61.

Figura 39: Adaptado de R. Buchsbaum, *Animals without backbones*, The University of Chicago Press, Chicago, 1948, Figura 14-1.

Figura 40: Extraído de J.T. Bonner, *The evolution of culture in animals*, op. cit., p. 59.

Figura 41: Adaptado de G. Horridge, *Interneurons*, Freeman, San Francisco, 1969, p. 36.

Figura 43. Extraído de R. Buchsbann, op. cit., Figura 84-1.

Figura 44: Adaptado de R. Buchsbaum, op. cit., p. 73.

Figura 46: Adaptado de uma reconstrução serial ao microscópio eletrônico de R. Poritsky, *J. Comp. Neurol.* 135: 423, 1969.

Figura 47: Extraído de S. Kuffler e J. Nichols. *From neuron to brain*, Sinauer Associates, Sunderland, Mass., 1976, p. 9.

Figura 48: Extraído de T. Bullock e G. Horridge, *The structure and function of the nervous system of invertebrates*, Freeman, San Francisco, vol. I, 1965, Figura 10.1, segundo original de O. Bürger (1891).

Figura 50: Adaptado de D. Hubel, *Scientific American*, 241: 47, 1979.

Figura 51: Desenho original de Juste de Juste.

Figura 53: Adaptado de N. Tinbergen, *Social behaviour of animals*, Methuen Co. Londres, 1953, p. 10.

Figura 54: Extraído de E. Wilson, *Insect societies*, Harvard University Press, Cambridge, 1971, Figura 8-1, segundo original de M. Wheeler (1910).

Figura 55: Adaptado de E. Wilson, op. cit., Figura 14-9.

Figura 56: Adaptado de J.T. Bonner, *The evolution of culture in animals*, op. cit., p. 93.

Figura 57: Adaptado de E. Wilson, *Sociobiology*, Harvard University Press, Cambridge, 1978, Figura 25-3, segundo original de L.D. Mech (1970).

Figura 58: Extraído de I. DeVore e K. Hall, em *Primate Behavior*, Holt, Reinhart and Winston, Nova Iorque, 1965, p. 70.

Figura 59: Extraído de V. Reynolds, *The biology of human action*, Freeman, San Francisco, 1976, p. 53.

Figura 60: Extraído de J.T. Bonner, *The evolution of animals culture*, *op. cit.*, p. 121, segundo sonograma original de T. Hooker e B. Hooker (1969).

Figura 61: Extraído de J. Frisch, em *Primates*, Holt, Reinhart e Winston, Nova Iorque, 1968, p. 250, segundo fotografia original de M. Sato.

Figura 62: Extraído de C. Blakenmore, *op. cit.*, p. 129.

Figura 63: Extraído de F. Patterson, em *National Geographic* 154: 441, 1978.

Figura 64: Extraído de C. Blakenmore, *op. cit.*, p. 125, de uma fotografia do Institute for Primate Studies, University of Oklahoma.

Figura 65: Adaptado de E. Savage-Rumbaugh, D. Rumbaugh, S. Smith e J. Lawson, *Science* 210: 923, 1981.

Figura 66: Adaptado de J. Pfeiffer, *The emergence of man*, Harper & Row, Nova Iorque, 1969, p. 8.

Figura 67: Extraido de V. Reynolds, *op. cit.*, p. 59.

Figura 68: Extraído de J. Pfeiffer, *op. cit.*, p. 311.

Figura 69: Desenho original de Luis Gratiolet (1854), em seu *Mémoires sur les plis cérébraux de l'homme et des primates*, Lâmina I, Figura 1.

Figura 70: Extraído de C. Blakenmore, *op. cit.*, p. 158, segundo o livro de Guamán Poma de Ayala, *Nueva Crónica y Buen Gobierno*, 1613.

Figura 73: Adaptado de M. Gazzaniga, *Scientific American*, 217: 27, 1967.

Figura 75: *A galeria de quadros*, de M.C. Escher, 1956 (30 x 23,5 cm), litografia, reproduzido de *The Graphic Work of M.C. Escher*, *op. cit.*

Sobre os autores

HUMBERTO MATORANA R.: Chileno (1928), biólogo, Ph.D. Harvard (1958). Estudou medicina (Universidade do Chile); biologia na Inglaterra e Estados Unidos. No Chile, Maturana reconhece Gustavo Hoepker como mestre, de quem aprendeu a seriedade na ação e a amplitude de interesses; na Inglaterra, J. Z. Young, de quem aprendeu a ousadia especulativa e o respeito pelo erro. Como biólogo, seu interesse se orienta para a compreensão da organização do ser vivo e do funcionamento do sistema nervoso, bem como para os desdobramentos que tal compreensão tem no âmbito social humano. Seu pensamento se expressa inicialmente ao longo de sua atividade docente na Universidade do Chile, de 1960 em diante, particularmente a partir do curso "Biologia do conhecimento" (1972), que ele estruturou como consequência de sua obra fundamental, *Biology of cognition* (1969-1970), acrescentando, a partir de 1979, o curso "Evolução: deriva natural".

FRANCISCO VARELA G.: Chileno, (1946), biólogo, Ph.D. Harvard (1970). Começa como estudante de medicina e depois de biologia (Universidade do Chile). Seu interesse se centra nas bases biológicas e ciberneticas do conhecimento e da consciência, herdando essa linhagem de seu principal mestre, Humberto Maturana Romecín. Em cibernetica, Varela reconhece Heinz von Foerster como mestre, assim como Keith R. Porter em biologia. Seu pensamento se expressa em vários livros e mais de cinqüenta trabalhos científicos nas áreas de neurobio-

logia, biologia celular, epistemologia, cibernética e matemáticas aplicadas. Recebeu prêmios e distinções acadêmicas internacionais e atualmente é professor da Faculdade de Ciências Básicas da Universidade do Chile.

Rolf Behncke C.: Chileno (1947), engenheiro civil de minas, Universidade do Chile. Pós-graduação; Universidade Católica, Instituto de Ciências Biológicas: ecologia – Hernst Hayek; evolução – Patricio Sánchez; neurofisiologia – Joaquín Luco. Universidade do Chile, Faculdade de Medicina: neurobiologia – Carlos Martinoya, Hugo Adrián; Faculdade de Ciências; biologia do conhecimento – Humberto Maturana. Atividade profissional: chefe da mina subterrânea El Salvador (Atacama, Chile); estruturação de programas para o desenvolvimento social: meio ambiente, população, cultura, família, comunicação. O que o levou do interesse inicial pelos fenômenos físico-estruturais ao campo da biologia do próprio conhecimento foi a seguinte questão: A inteligência humana, em sua máxima expressão, e o amor seriam fenômenos biologicamente convergentes? A perspectiva científica responderia a esse questionamento? Trabalhando com Humberto Maturana, ele encontrou o que buscava.

Índice remissivo

- Abelhas, "linguagem" das, 232
Ação:
 e experiência, 69
 cognição como, 72
Acasalamento, 207 (*Ver também*
 Reprodução)
Aceitação, 263
Ácidos desoxirribonucléicos (DNA),
 103, 108
Ácidos nucléicos, 108, 267
 (*Ver também* Ácido
 desoxirribonucléico)
Acoplamento:
 estrutural, 112, 133, 137, 145,
 156, 159, 167, 206, 251
 terceira ordem (social), 206,
 230, 251, 252, 262
entre os insetos, 209, 211
entre os vertebrados, 213
entre os primatas, 214
recíproco, 216
lingüístico, 243, 245
Adaptação, 137, 140, 146, 148
 conservação da, 142, 145, 146,
 147, 194, 220, 223
Altruismo, 220
Ambiente, 113, 131, 165
 perturbação do, 131
 seleção pelo, 136, 137
 impressão causada pelo, 162
Ameba, 172, 176, 177
Aminoácidos, 267
Amor, 263
Analogia submarina, 166
Anamorfose, 100
Anos-luz, 67
Antílopes, 213, 220
Antropóides, 267
Aprendizagem proporcional, 198
Aprendizagem, 198
 (*Ver também* Conhecimento)
Atividade neural, 65
Atos cognitivos, 200
Auto-reprodução, 105
Autoconsciência, 202, 249, 252
Autonomia, 88
Autopoiese, 88, 92, 148
 celular, 104, 113, 114
 conservação da, 136, 137,
 140, 147
Avestruz, 207
Axônio, 184, 267
Babuinos, 214, 215
Bactéria, 119, 177, 178, 179,
 267
 fósseis, 81
Baleia azul, 119, 123
Berg, H., 177
Berriós, Raul, 144
Bipedalismo, 240
Bonner, J. T., 115, 174

- Caçadores-colheiteiros, 242
Cadeias de carbono (moléculas orgânicas), 79
Carneiro, sistema nervoso do, 158
Caulobacter, 179
Celenterado, 180
Células quimiorreceptoras, 193
Células, 89, 92
replicação das, 98
reprodução das, 96, 103
ciclos de vida das, 116
agregação das, 116
Cerebelo, 267
Cérebro, 195
humano, 185, 187
com corpo caloso dividido, 246
hemisférios esquerdo/direito, 246
Certeza, tentação da, 60, 67, 262
Chipanzés, 215, 234
Ciclos de vida, 114, 116
celular, 118
tempo dos, 118
Ciclos estrais, 240, 267
Classe, definição de, 83
(Ver também Domínio)
Clausura operacional, 124, 191, 192, 193, 195, 201
Coerência e harmonia, 224
Coexistência, 262
Cognição, 70, 200, 260
e ação, 72
Comportamentos sexuais e educacionais, 207
Comprimento de onda, 65, 268
Computador, 195, 237
Comunicação, 216, 217
metáfora do tubo, 219
(Ver também Linguagem)
Concentração cefálica, 192
Conduta (comportamento), 156, 162, 167
e sistema nervoso, 157, 166, 172, 191
inato (instintivo) e aprendido (adquirido), 198, 217, 225, 230
cultural, 217, 225, 226
altruístico, 220
comunicativo, 231
Conflito (contradição), 262, 263
Conhecimento, 67, 69, 76, 258
e sistema nervoso, 199
do conhecimento, 261
Consciência, 233, 243, 250
Conservação:
reprodutiva, 107
da autopoiese, 147
da adaptação, 194, 220, 223
Contabilidade lógica, 165, 199, 230
Cooperação, 241, 243
Coordenação sensório-motora:
em organismos unicelulares, 176
em organismos multicelulares, 179
Cópia (de unidade), 99, 105
Cor, 63, 64
Corpo caloso, 246, 268
efeitos da separação, 246
Correlação interna, 177
Côrtes, 188, 268
Cromossomos, 268
Darwin, Charles, 135, 147, 220
Dendrites, 184, 186, 268
Deriva, 138
histórica, 100
natural, 114, 141, 147, 172, 176, 220, 234
filogenética, 145, 195
estrutural, 137, 147, 206, 243, 251
Descrições semânticas, 230
Determinação estrutural, 131
Determinismo, 154
Distinção lingüística, 232, 251
Distinção, critério de, 83
Diversidade neural, 187
Divisão das células, 96, 103
DNA (ácido desoxirribonucléico), 103, 108, 268
Dominios, 133, 165
especificados pela estrutura de uma unidade, 133
comportamentos, 155
lingüísticos, 223, 231
Dycostelium, 115

- Egoísmo, 220
Epilepsia, 245, 246
Escher, M.C., 67, 261
Esgana-gata, 208
Espectograma, 218
Esporos, 114, 268
Estrelas, transformação das, 77
Estrutura neuronal, 182
Estrutura, 132
Ética, 262, 263
"Eu", 251
Eucariontes, 103, 114, 268
Evolução, 130, 135, 137, 141-149
Experiência de sombras coloridas, 63, 64, 69
Experiência do ponto cego, 62
Experiência, ação e, 69
Explicação científica, 70
Extinção, 139, 141

Fala, 247 (*Ver também Linguagem*)
Fenomenologia, 268
Fenômenos culturais, 217
Fenômenos históricos, 96
Fenômenos sociais, 216, 217
Fenótipo, 143
Filhotes de lobo (meninas-lobo), 159, 198
Filogenia, 114, 118, 130
e evolução, 130, 137
Flagelo, 175, 177, 268
Formigas, 210
Fósseis, 140, 147, 268
homônideos, 239, 268
Fotossíntese, 176
Fratura, reprodução por, 100, 102, 106, 118
Fronteira, 85

Galáxia M104, 76
Gallup, G., 244
Gametas, 207, 268
Gardner, R.A. e B.T., 235
Gazzaniga, M.S., 249
Generalizações, 236
Genes, 268
Genética populacional, 147
Gorila, 244

Hélice dupla, 103
Hemisfério cerebral, 246, 268
perda da coordenação no, 246
Hemisférios esquerdo/direito, 246
Hereditariedade, 106
reprodutiva, 105, 118
(*Ver também Evolução*)
Hidra, 179, 181, 184, 192
Hominídeos, 268

Identidade de classe, 159
Identidade, conservação de, 145
Imitação, 219
Informação genética, 107
Insetos, 197
sociais, 209, 211, 234
Insulina, 269
Interações, 135, 137, 158
destrutivas, 136
Interneurônios, 185

Jaçanã, 208

Kawamura, S., 222

LeDoux, 249
Linguagem, 69, 199
das abelhas, 232, domínio da, 232 (*Ver também Domínios, lingüísticos*)
humana, 232, 233, 234, 251, 252
história natural da, 234
Linguagem por sinais, 235
Lobos, 213
Luz, cor e, 65

Macacos, 221, 234
MacLean, C., 159
Magia *versus* ciência, 70
Mamíferos
sistema nervoso dos, 192
papel da nutrição nos, 207
Margulis, L., 124
Maturana, Humberto R., 257
Membrana celular, 89, 113, 186
Membranas, 85
Memória, 199

- Mente (consciência), 243, 250
Metabolismo celular, 85, 269
Metabólitos, 186
Metazoários, 176, 187
Miller, S. L., 86
Mitose, 269
estágio interfásico, 103
Mixomicetos, 114, 119, 269
Moléculas orgânicas:
origem das, 86
Moléculas, 90, 92
Movimento, 172, 188
- Nervo óptico, 156, 269
Neurônios motores, 185, 188
Neurônios, 183, 191, 198, 269
rede interneural, 185
Neurotransmissores, 186, 269
Núcleo geniculado lateral (Lateral geniculate nucleus – LGN), 190
Nucleotideos, 269
- Observação, 71, 233
Olho, surpresas do, 61
Ontogenia, 107, 112, 113, 115,
130, 135, 159, 269
definida, 131
do sistema metacelular, 117
e seleção, 134
Organismos e sociedades, 223
Organismos metacelulares:
ciclo de vida dos, 116
e sistema nervoso, 123
organização dos, 123
símbiose e, 123, 124
correlação sensório-motora nos,
179
e as sociedades, 223
Organismos unicelulares:
coordenação sensório-motora
em, 114, 176
Organização, 87
autopoietica, 85
e história, 97
Origem das espécies (Darwin), 135
Oxigênio, 136, 193
- Palavras, 232, 251 (*Ver também*
Lingagem)
- Papel nutricional, 207
Pássaros, 207
canto dos, 218
Peixe, 208
Percepção visual, 61, 190, 247
Perturbações, 135, 136, 189,
193, 251
recíprocas, 113
Physarum, 114, 115
Pingüins, 208
Plantas, 172, 176, 179
Plasmódio, 114, 269
Plasticidade, 194
estrutural, 158
Poliandria, 207, 209
Poliginia, 207, 209
Pontos cegos, cognitivos,
63, 260
Previsibilidade, sistema nervoso
e, 154
Primates, 66, 215, 244
linguagem dos, 234
Privação materna, 158
Procariontes, 103, 125, 269
Proteínas, 91, 269
produção de, 98, 108
Protozoários, 172, 176, 177, 269
Pseudópodes, 172, 175, 177, 269
- Quiloparsecs, 77
Quimiotaxia, 178
- Rã, 119
Rato, 196
Reações termonucleares, 270
Recursivo, 270
Rede interneural, 185
Reflexo, 66, 67
Réplica, 98
Representacionismo (objetivismo),
164, 259
Reprodução sexuada, 118, 207
Reprodução, 96, 100, 41
por fratura, 100
das células, 107
e hereditariedade, 106
sexuada, 118
Retina (olho), 62, 190
RNA (ácido ribonucléico), 270

- Sagitária sagitifoliada, 172, 173, 179
Sapo:
 experiência do olho virado, 156
Savage-Rumbaugh, E.S., *et al.*, 237
Schwartz, K., 124
Seleção, 136
 ontogenia e, 134
 “natural”, 135, 147
Sequóia, 119
Seres vivos, 131
 aparecimento dos, 80
 critérios para, 82
 organização dos, 82, 88
 autonomia dos, 88
 história dos, 137 (*Ver também Evolução*)
Sexualidade não-sazonal, 240
Shah, I., 265
Simbiose, 125
Sinapse, 186, 196, 270
Sistema nervoso, 162, 176
 metacelularidade e, 123
 previsibilidade e, 154
 conduta (comportamento) e, 157, 166, 172, 191
 na hidra, 181
 em animais, 185
 humano, 185
 clausura operacional, 124, 191, 192, 193, 195, 201
 história natural do, 192
 plasticidade do, 194
 conhecimento e, 199
Sistemas autopoéticos de
 primeira e segunda ordem, 124, 126
Sistemas multicelulares, 114, 118
 correlação sensório-motora nos, 179 (*Ver também Organismos metacelulares*)
Sistemas sociais, 223
Sistemas unicelulares, 119
Sociedades, organismos e, 223
Sol, 77
Solipsismo (idealismo), 164, 259
Sperry, R. W., 156, 245
Supernova, 78
Tamanho, 119
 e ciclo de vida, 118
 e velocidade, 174
Tempo de reprodução, tamanho e, 119, 120, 121
Terra, história da, 76, 91
Tradição, 260
Transformação, 131, 194
 estrutural, 116, 133, 136
Transformações, 158, 197
 químicas, 85
 ontogênicas, 130
 tempo de, 119
Transporte iônico, 113
Trilobites, 139, 145
Trocas elétricas, 184, 186
Trofolaxes, 211, 234, 270
 língüística, 234, 239, 252
Unidade de segunda ordem, 124, 183
Unidade social, 234
Unidades, 82, 83, 165, 172
 autopoética, 89, 97, 104, 112, 113
 modos de gerar, 98
 fratura das, 100
 segunda ordem, 115, 207
 estruturalmente determinadas, 132
 domínios especificados pela estrutura, 133
 sistema nervoso como, 195
 terceira ordem, 206, 216
Validação, 132
Variações:
 reprodutivas, 106
 estruturais, 106, 140
 ambientais, 145, 147
 casuais, 141
Velocidade, tamanho e, 174
Vermes, 185, 192
Vertebrados, 197, 213, 219
Via Láctea, 77
von Guericke, Otto, 64
Zigoto, 117, 118, 194, 270