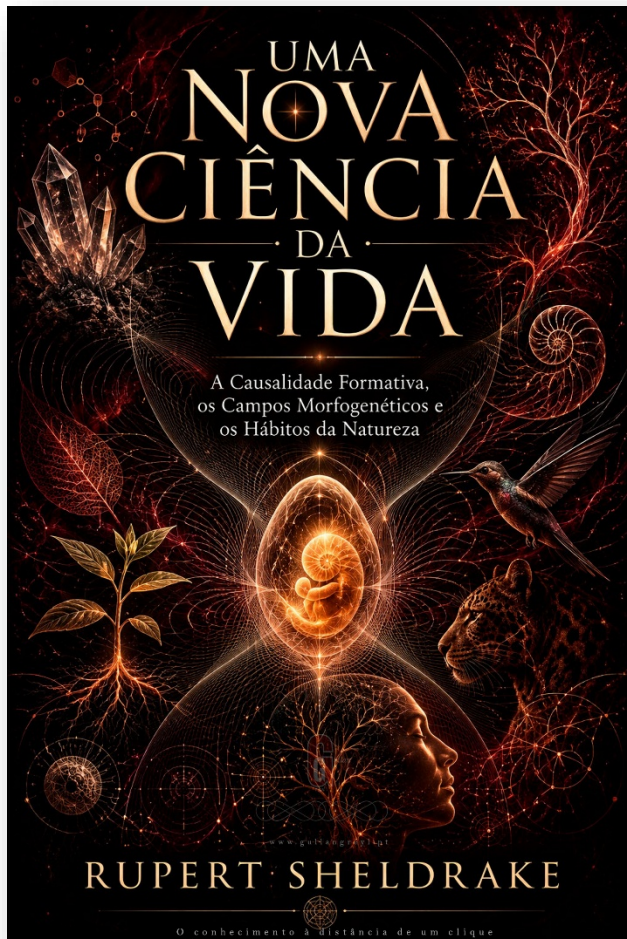


UMA NOVA CIÊNCIA DA VIDA

A Causalidade Formativa, os Campos Morfogenéticos e os Hábitos da Natureza



Autor: Albert Rupert Sheldrake

Edição e Preparação Digital: Gullan Greyl

Edição original: A New Science of Life, 1981.

Edição portuguesa concluída em 04-08-2026



Livroteca Gullan Greyl

Sinopse

E se a natureza não obedecesse apenas a leis fixas, mas também a hábitos adquiridos ao longo do tempo? Nesta obra provocadora, Rupert Sheldrake propõe que organismos, cristais, moléculas e comportamentos são moldados por uma memória inerente à própria natureza.

No centro desta visão está a hipótese da causalidade formativa: campos morfogenéticos organizariam a forma dos seres vivos, enquanto a ressonância mórfica permitiria que padrões anteriores influenciassem sistemas semelhantes, através do espaço e do tempo. A natureza deixaria, assim, de ser uma máquina regida por instruções imutáveis para se revelar como um processo evolutivo, cumulativo e criativo.

Percorrendo os enigmas da morfogénese, da hereditariedade, do instinto, da aprendizagem e da evolução, Sheldrake confronta os limites da biologia mecanicista e pergunta de onde vem a ordem que transforma matéria em forma, células em organismos e experiência em hábito.

Mais do que apresentar uma teoria, Uma Nova Ciência da Vida abre uma investigação sobre a arquitetura invisível da realidade. Um livro para quem suspeita de que a vida não é apenas construída por matéria e energia, mas também pela memória profunda das formas que vieram antes.

Esta tradução foi depurada segundo o princípio:
“Afinar o Instrumento sem Alterar a Melodia”
com apoio de Inteligência Artificial enquanto sistema de amplificação,
organização e clarificação cognitiva.
O objetivo não foi apenas traduzir, mas tornar o texto mais claro, coerente,
imersivo e diretamente experienciável, sem alterar a sua essência.

Gullan Greyl

*Não se trata de saber mais,
mas de ver melhor*

Índice

Comentários a Edições Anteriores de <i>Uma Nova Ciência da Vida</i>	1
Outras Obras do Autor	3
Sobre o Autor	4
Prefácio à Edição de 2009	5
Introdução	27
CAPÍTULO 1	31
Os Problemas Não Resolvidos da Biologia	31
1. O Contexto dos Êxitos Alcançados	31
2. Os Problemas da Morfogénese	34
3. Comportamento	40
4. Evolução	42
5. A origem da vida	44
6. Mentes	45
7. Parapsicologia	49
8. Conclusões	51
CAPÍTULO 2	52
Três Teorias da Morfogénese	52
1. Investigação Descritiva e Experimental	52
2. Mecanicismo	55
3. Vitalismo	72
4. Organicismo	82
CAPÍTULO 3	91
As Causas da Forma	91
1. O Problema da Forma	91
2. Forma e Energia	100
3. As Estruturas dos Cristais	109
4. As Estruturas das Proteínas	119
5. Causalidade Formativa	124
CAPÍTULO 4	131
Campos Morfogenéticos	131
1. Germes Morfogenéticos	131
2. Morfogénese Química	135
3. Os Campos Morfogenéticos Como «Estruturas de Probabilidade»	143
4. Processos Probabilísticos na Morfogénese Biológica	148

5. Germes Morfogenéticos nos Sistemas Biológicos	155
CAPÍTULO 5	160
A Influência das Formas Passadas.....	160
1. A Constância e a Repetição das Formas.....	160
2. A Possibilidade Geral de Ligações Causais Transtemporais	165
3. Ressonância Mórfica	166
4. A Influência do Passado.....	169
5. Implicações de Uma Ressonância Mórfica Atenuada	178
6. Um Teste Experimental Com Cristais	181
CAPÍTULO 6	192
Causalidade Formativa e Morfogénese	192
1. Morfogéneses Sequenciais.....	192
2. A Polaridade dos Campos Morfogenéticos	194
3. A Dimensão dos Campos Morfogenéticos	197
4. A Especificidade Crescente da Ressonância Mórfica Durante a Morfogénese	198
5. A Manutenção e a Estabilidade das Formas	201
6. Nota Sobre o «Dualismo» Físico.....	203
7. Resumo da Hipótese da Causalidade Formativa	206
CAPÍTULO 7	213
A Hereditariedade da Forma.....	213
1. Genética e Hereditariedade	213
2. Germes Morfogenéticos Alterados	217
3. Percursos Alterados da Morfogénese	222
4. Dominância.....	225
5. Semelhanças Familiares	232
6. Influências Ambientais e Ressonância Mórfica	233
7. A Hereditariedade dos Caracteres Adquiridos.....	236
8. Hereditariedade Epigenética.....	239
9. Experiências com Fenocópias.....	244
CAPÍTULO 8	253
A Evolução das Formas Biológicas	253
1. A Teoria Neodarwinista da Evolução	253
2. Mutações.....	257
3. A Divergência dos Creodos.....	258
4. A Supressão dos Creodos	263

5. A Repetição dos Creodos.....	266
6. A Influência de Outras Espécies	270
7. A Origem de Novas Formas	273
CAPÍTULO 9	276
Movimentos e Campos Comportamentais	276
1. Introdução	276
2. Os Movimentos das Plantas	277
3. Movimento Ameboide	284
4. A Morfogênese Repetitiva de Estruturas Especializadas	287
5. Sistemas Nervosos.....	289
6. Campos Morfogenéticos, Campos Motores e Campos Comportamentais	293
7. Os Campos Comportamentais e os Sentidos	303
8. Regulação e Regeneração	307
9. Campos Mórficos.....	311
CAPÍTULO 10	313
Instinto e Aprendizagem.....	313
1. A Influência das Ações Passadas	313
2. Instinto.....	319
3. Estímulos-Sinal	322
4. Aprendizagem.....	327
5. Tendências Inatas para Aprender	338
CAPÍTULO 11	342
A Hereditariedade e a Evolução do Comportamento.....	342
1. A Hereditariedade do Comportamento	342
2. Ressonância Mórfica e Comportamento: Um Teste Experimental.....	347
3. A Evolução do Comportamento	361
4. O Comportamento Humano.....	368
CAPÍTULO 12	376
Quatro Conclusões Possíveis	376
1. A Hipótese da Causalidade Formativa.....	376
2. Materialismo Modificado	377
3. O Self Consciente.....	381
4. O Universo Criador	389
5. Realidade Transcendente	391
APÊNDICE A	393

Novos Testes Para a Ressonância Mórfica.....	393
1. Condensados de Bose-Einstein	394
2. Pontos de Fusão	397
3. Transformações Cristalinas	411
4. Adaptações em Culturas Celulares.....	416
5. Tolerância ao Calor nas Plantas.....	426
6. A Transmissão da Aversão.....	433
7. A Evolução do Comportamento Animal.....	444
8. Memória Humana Coletiva	453
9. Melhoria do Desempenho Humano.....	468
10. Computadores Ressonantes.....	490
APÊNDICE B	502
Os Campos Mórficos e a Ordem Implicada.....	502
Referências.....	539
Notas	560

UMA NOVA CIÊNCIA DA VIDA

*A Causalidade Formativa, os Campos
Morfogenéticos e os Hábitos da Natureza*

Rupert Sheldrake

Comentários a Edições Anteriores de *Uma Nova Ciência da Vida*

«Tão abrangente nas suas implicações como a teoria da evolução de Darwin.»

Brain/Mind Bulletin

«Sheldrake é um excelente cientista; do tipo apropriado e imaginativo que, numa época anterior, descobria continentes e espelhava o mundo em sonetos.»

New Scientist

«Imensamente desafiante e estimulante.»

Arthur Koestler

«As implicações para a forma biológica, a evolução, a memória e o comportamento... são fascinantes e de grande alcance, e inverteriam de alto a baixo uma grande parte da ciência ortodoxa.»

Observer

«Oferece uma nova maneira de olhar para muitos fenómenos intrigantes e, se for confirmada, poderá contribuir grandemente para a unificação das ciências.»

The Tablet

«Impressionante e entusiasmante.»

Punch

«Sheldrake está a propor magia em vez de ciência, e isso pode ser condenado exatamente na mesma linguagem que o Papa utilizou para condenar Galileu, e pela mesma razão. É heresia.»

Sir John Maddox, editor da Nature

«Uma importante investigação científica sobre a natureza da realidade biológica e física.»

New Scientist

«Bem escrito, provocador e cativante... A abordagem erudita de Sheldrake inclui excelentes sínteses das crenças atuais em muitos domínios das ciências da vida. Improvável? Sim, mas também o era Galileu.»

The Biologist

«Livros desta importância e elegância surgem raramente. Aqueles que lerem esta nova edição de *Uma Nova Ciência da Vida* poderão fazê-lo com a satisfação de testemunhar a história da ciência a formar-se diante dos seus olhos. A importância do trabalho de Sheldrake não é menor do que a das revoluções copernicana e quântico-relativista de épocas anteriores.»

Larry Dossey, MD, autor de Space, Time and Medicine

Outras Obras do Autor

The Presence of the Past (**1988**)

The Rebirth of Nature (**1990**)

Seven Experiments That Could Change the World (**1994**)

Dogs That Know When Their Owners Are Coming Home (**1999**)

The Sense of Being Stared At (**2003**)

Com Ralph Abraham e Terence McKenna

Chaos, Creativity and Cosmic Consciousness (**2001**)

The Evolutionary Mind (**2005**)

Com Matthew Fox

Natural Grace (**1996**)

The Physics of Angels (**1996**)

O atual livro foi publicado originalmente em inglês em 1981 com o título *A New Science of Life: The Hypothesis of Formative Causation*.

Sobre o Autor

O Dr. Rupert Sheldrake é biólogo e autor de mais de 80 artigos científicos e de dez livros, incluindo o bestseller *Dogs That Know When Their Owners Are Coming Home*. Foi Fellow do Clare College, em Cambridge, e investigador associado da Royal Society. Escreveu para vários jornais, incluindo o *Guardian*, onde manteve uma coluna mensal regular, e para diversas revistas, entre as quais o *New Scientist* e o *Spectator*.

Prefácio à Edição de 2009

Este livro trata da hipótese da causação formativa, que propõe que a natureza é habitual. Todos os animais e plantas recorrem e contribuem para uma memória coletiva da sua espécie. Os cristais e as moléculas também seguem os hábitos do seu tipo. A evolução cósmica envolve uma interação entre hábito e criatividade.

Esta hipótese é radicalmente diferente da suposição convencional de que a natureza é governada por leis eternas. Mas acredito que a ideia dos hábitos da natureza terá de ser considerada mais cedo ou mais tarde, quer gostemos quer não, porque a cosmologia moderna abalou os pressupostos tradicionais sobre os quais a ciência se baseava.

Até à década de 1960, a maioria dos físicos tomava como garantido que o universo era eterno, governado por leis imutáveis e constituído por uma quantidade constante de matéria e energia. Esta ideia de Leis da Natureza tem sido fundamental na ciência moderna desde a revolução científica do século XVII, e enraíza-se nas filosofias pitagórica e platónica da Grécia Antiga. O patriarca da ciência moderna, Sir Francis Bacon, afirmou em 1620 que as Leis da Natureza eram “eternas e imutáveis”¹, e os pais fundadores da ciência, incluindo Kepler, Galileu, Descartes e Newton, viam-nas como ideias matemáticas imateriais na mente de Deus. As Leis da Natureza eram eternas porque participavam na natureza eterna de Deus e, tal como Deus, transcendiam o tempo e o espaço. Eram sustentadas pela onipotência divina.

Quando se acreditava que o universo inteiro era eterno, constituído por uma quantidade constante de matéria e energia, as leis eternas não colocavam problemas. Nos séculos XIX e início do século XX, a maioria dos físicos acreditava que todos os aspetos fundamentais da física estavam fixos para sempre — a quantidade total de matéria, energia e carga elétrica era sempre a mesma, de acordo com as leis de conservação da massa, da energia e da carga elétrica.

Apenas a segunda lei da termodinâmica introduzia uma nota diferente. A quantidade total de entropia aumentaria até que todo o universo se imobilizasse para sempre — um estado descrito em 1852 por William Thomson, mais tarde Lord Kelvin, como “um estado de repouso

e morte universais”.² Mas, embora a morte térmica ocorresse quando a entropia atingisse um máximo, o universo congelado continuaria a existir para sempre, tal como as leis da natureza.

Tudo mudou com a grande revolução da cosmologia na década de 1960, quando a teoria do Big Bang se tornou a nova ortodoxia. Desde então, a maioria dos cosmólogos tem acreditado que o universo começou há cerca de 15 mil milhões de anos. Quando tudo surgiu do nada — não existiam espaço nem tempo antes do cosmos — era menor do que a cabeça de um alfinete e imensamente denso e quente. Desde então, o cosmos tem vindo a expandir-se e a arrefecer. Todos os átomos, moléculas, estrelas, galáxias, cristais, planetas e formas de vida surgiram no tempo. Têm histórias evolutivas. O universo apresenta-se agora como um vasto organismo em desenvolvimento, e não como uma máquina eterna que lentamente se esgota.

A teoria do Big Bang foi proposta pela primeira vez em 1927 como a teoria do “átomo primordial”, pelo padre Georges Lemaître, sacerdote católico romano e cosmólogo. Ele sugeriu que o universo começou com um evento inicial “semelhante à criação”, que descreveu como “o Ovo Cósmico a explodir no momento da criação”.³ A sua teoria, que previa a expansão do universo, encontrou muito ceticismo, mas as evidências de um evento inicial “semelhante à criação” tornaram-se, com o tempo, demasiado persuasivas para serem ignoradas. Um dos opositores desta teoria, o astrónomo Fred Hoyle, chamou-lhe depreciativamente teoria do Big Bang — e o nome ficou.

Embora a cosmologia seja hoje evolucionária, os velhos hábitos de pensamento persistem. A maioria dos cientistas toma como garantidas as Leis eternas da Natureza — não porque tenha refletido sobre elas no contexto do Big Bang, mas porque não o fez.

Se as Leis da Natureza são verdades matemáticas pitagóricas, ou Ideias platónicas, ou ideias na mente de Deus, então transcendem o tempo e o espaço. Estariam necessariamente presentes no momento em que o universo nasceu: as Leis não surgem nem desaparecem; transcendem o espaço e o tempo.

Claramente, isto é uma doutrina filosófica ou teológica, e não uma hipótese científica. Não poderia, de modo algum, ser testada experimentalmente antes de existir um universo no qual a testar.

Para evitar a doutrina das leis transcendentais, poderíamos supor que as Leis da Natureza surgiram no próprio momento do Big Bang. Esta teoria evita uma filosofia ou teologia platónica explícita. Mas cria novos problemas. Como observou Terence McKenna, “A ciência moderna baseia-se no princípio: ‘Dêem-nos um milagre gratuito e nós explicaremos o resto.’ O milagre gratuito é o aparecimento de toda a massa e energia no universo e de todas as leis que o governam num único instante a partir do nada.”⁴

O aparecimento súbito de todas as Leis da Natureza é tão impossível de testar como a metafísica platónica ou a teologia. Por que deveríamos supor que todas as Leis da Natureza já estavam presentes no instante do Big Bang, como um código napoleónico cósmico? Talvez algumas delas, como as que governam os cristais proteicos ou os cérebros, tenham surgido quando os cristais proteicos ou os cérebros apareceram pela primeira vez. A pré-existência destas leis não pode, de forma alguma, ser testada antes do aparecimento dos fenómenos que elas governam.

Para além de todos estes problemas, assim que refletimos sobre as Leis da Natureza, não podemos deixar de ver que este conceito é antropocêntrico. Apenas os seres humanos têm leis — e nem sequer todos. Só as sociedades civilizadas têm leis; as sociedades tradicionais têm costumes. Aplicar o conceito de lei ao universo implica a metáfora de Deus como uma espécie de imperador universal, cuja autoridade se estende a toda a parte e em todos os momentos. Este pressuposto foi prontamente aceite pelos pais fundadores da ciência moderna, que acreditavam num Deus onipotente com mente matemática. Mas hoje as Leis da Natureza flutuam num vazio metafísico.

A cosmologia evolucionária torna as Leis eternas da Natureza ainda mais problemáticas. Talvez as leis da natureza não estejam todas fixas para sempre, mas evoluam juntamente com a própria natureza. Novas leis podem surgir à medida que os fenómenos se tornam mais complexos. E assim que admitimos esta possibilidade, percebemos que a fonte metafórica das Leis da Natureza — isto é, as leis humanas — não são, de facto, eternas, mas evoluem com a sociedade. As leis dos Estados Unidos, do Quénia ou do Butão não são hoje as mesmas que eram há 100 anos, nem sequer há vinte anos. Estão em constante mudança e atualização. Mas não existe, na natureza, qualquer paralelo para monarcas, parlamentos ou congressos. A metáfora legal é incoerente.⁵

Proponho uma nova possibilidade. As regularidades da natureza não são impostas à natureza a partir de um domínio transcendente, mas evoluem no interior do universo. O que acontece depende do que aconteceu antes. A memória é inerente à natureza. É transmitida por um processo chamado ressonância mórfica e atua através de campos designados campos mórficos.

Neste livro, discuto a hipótese da causação formativa sobretudo no contexto da biologia e da química. No meu livro *A Presença do Passado*⁶, amplio esta discussão ao domínio da evolução psicológica e cultural.

Esta Nova Edição

A primeira edição deste livro foi publicada em 1981. Revelou-se controversa, como descrito mais adiante. Na segunda edição (1985), resumi essas controvérsias, juntamente com os resultados de alguns dos primeiros testes experimentais da hipótese. Desde então, muita coisa aconteceu. Nesta nova edição, revi e atualizei o livro ao longo de todo o texto. Resumo os resultados da investigação até ao momento no Apêndice A, onde discuto dez novos testes. O Apêndice B consiste num diálogo com o físico David Bohm, no qual explorámos conexões entre a causação formativa e a física quântica.

Os notáveis desenvolvimentos na biologia ao longo do último quarto de século tornaram mais evidentes as limitações da abordagem mecanicista convencional e aumentaram a plausibilidade da hipótese da causação formativa.

Como a Biologia Mecanicista Revelou as Suas Próprias Limitações

Na década de 1980, a teoria mecanicista da vida parecia destinada ao triunfo definitivo. A teoria neodarwinista da evolução tinha eliminado Deus da natureza, e a própria vida estava prestes a ser explicada em termos de física e química, sem necessidade de quaisquer campos ou fatores misteriosos. Muitos cientistas acreditavam que a biologia molecular estava à beira de revelar os segredos da vida através da compreensão do código genético e do controlo da síntese proteica. Entretanto, as técnicas de imagiologia cerebral estavam prestes a desvendar

os mecanismos mecanicistas da mente. A Década do Cérebro, inaugurada em 1990 pelo Presidente George Bush (pai), conduziu a uma aceleração adicional no crescimento das neurociências e estimulou ainda mais otimismo quanto ao poder da imagiologia cerebral para sondar o mais íntimo do nosso ser.⁷

Ao mesmo tempo, o entusiasmo pela Inteligência Artificial levou à expectativa de que uma nova geração de computadores seria em breve capaz de rivalizar, ou mesmo ultrapassar, as capacidades mentais dos seres humanos. Se a inteligência, e até a própria consciência, pudessem ser programadas em máquinas, então os mistérios finais seriam resolvidos. A vida e a mente tornar-se-iam plenamente explicáveis em termos de maquinaria molecular e neural. O reducionismo seria vindicado. Todos aqueles que pensavam que as mentes envolviam algo para além do alcance da ciência mecanicista seriam refutados para sempre. Mas isso não aconteceu.

É difícil recordar a atmosfera de exaltação na década de 1980, quando novas técnicas permitiram clonar genes e descobrir a sequência de “letras” no “código genético”. Parecia o momento culminante da biologia: as instruções da própria vida tinham finalmente sido desveladas, abrindo a possibilidade de os biólogos modificarem geneticamente plantas e animais, e enriquecerem mais do que alguma vez teriam imaginado. Havia um fluxo contínuo de novas descobertas; quase todas as semanas, as manchetes dos jornais anunciavam algum novo “avanço”: “Cientistas encontram genes para combater o cancro”, “Terapia genética oferece esperança às vítimas de artrite”, “Cientistas descobrem o segredo do envelhecimento”, e assim por diante.

A nova genética parecia tão promissora que, em pouco tempo, todo o espectro de investigadores biológicos estava ocupado a aplicar as suas técnicas às respetivas especialidades. O progresso notável conduziu a uma visão vasta e ambiciosa: explicitar o conjunto completo de genes no genoma humano. Como afirmou Walter Gilbert, da Universidade de Harvard, “A procura deste ‘Santo Graal’ de quem somos atingiu agora a sua fase culminante. O objetivo final é a aquisição de todos os detalhes do nosso genoma.” O Projeto Genoma Humano foi formalmente lançado em 1990 com um orçamento previsto de 3 mil milhões de dólares.

O Projeto Genoma Humano foi uma tentativa deliberada de introduzir a “Grande Ciência” na biologia, que anteriormente era mais semelhante a uma indústria artesanal. Os físicos

estavam habituados a orçamentos gigantescos, em parte como resultado da Guerra Fria: houve enormes despesas com mísseis e bombas de hidrogénio, o programa “Guerra das Estrelas”, aceleradores de partículas de milhares de milhões de dólares, o programa espacial e o Telescópio Espacial Hubble. Durante anos, biólogos ambiciosos sofreram de inveja da física. Sonhavam com o dia em que a biologia também teria projetos de grande visibilidade, elevado prestígio e orçamentos de milhares de milhões. O Projeto Genoma Humano foi a resposta.

Ao mesmo tempo, uma onda de especulação de mercado na década de 1990 levou a um *boom* na biotecnologia, atingindo o auge em 2000. Para além do Projeto Genoma Humano oficial, houve um projeto genómico privado conduzido pela Celera Genomics, liderada por Craig Venter. O plano da empresa era patentear centenas de genes humanos e deter os direitos comerciais sobre eles. O seu valor de mercado, tal como o de muitas outras empresas de biotecnologia, disparou para níveis vertiginosos nos primeiros meses de 2000.

Ironicamente, a rivalidade entre o Projeto Genoma Humano financiado publicamente e a Celera Genomics levou ao rebentamento da bolha da biotecnologia antes mesmo de a sequenciação do genoma estar concluída. Em Março de 2000, os líderes do projeto genómico público divulgaram que toda a sua informação estaria livremente disponível para todos. Isto levou a uma declaração do Presidente Clinton, a 14 de Março de 2000: “O nosso genoma, o livro no qual toda a vida humana está escrita, pertence a todos os membros da raça humana... Devemos assegurar que os lucros da investigação do genoma humano sejam medidos não em dólares, mas na melhoria da vida humana.”⁸ A imprensa noticiou que o Presidente planeava restringir as patentes genómicas, e os mercados reagiram de forma dramática. Nas palavras de Venter, houve uma “queda nauseante”. Em dois dias, a avaliação da Celera perdeu 6 mil milhões de dólares, e o mercado das ações de biotecnologia colapsou em cerca de 500 mil milhões de dólares.⁹

Em resposta a esta crise, no dia seguinte ao seu discurso, o Presidente Clinton emitiu uma correção, afirmando que a sua declaração não tinha sido destinada a afetar a possibilidade de patentear genes nem a indústria biotecnológica. Mas o dano estava feito. As avaliações de mercado nunca recuperaram. E, embora muitos genes humanos tenham sido posteriormente patenteados, muito poucos se revelaram lucrativos para as empresas que os detinham.¹⁰

Em 26 de Junho de 2000, o Presidente Clinton e o Primeiro-Ministro britânico Tony Blair, juntamente com Craig Venter e Francis Collins, responsável pelo projeto genómico oficial, anunciaram a publicação do primeiro rascunho do genoma humano. Numa conferência de imprensa na Casa Branca, o Presidente Clinton declarou:

Estamos hoje aqui para celebrar a conclusão do primeiro levantamento de todo o genoma humano. Sem dúvida, este é o mapa mais importante e mais extraordinário alguma vez produzido pela humanidade.

Esta realização extraordinária transformou, de facto, a nossa visão de nós próprios, mas não da forma que se antecipava. A primeira surpresa foi o número reduzido de genes. Em vez dos 100.000 ou mais previstos, o número final, cerca de 25.000, revelou-se muito intrigante — ainda mais quando comparado com os genomas de outros animais muito mais simples do que nós. Existem cerca de 17.000 genes numa mosca-da-fruta e cerca de 26.000 num ouriço-do-mar. Muitas espécies de plantas possuem muito mais genes do que nós — o arroz tem cerca de 38.000, por exemplo.

Em 2001, o director do projeto do genoma do chimpanzé, Svante Pääbo, antecipou que, quando a sequenciação do genoma do primata estivesse concluída, seria possível identificar “os pré-requisitos genéticos profundamente interessantes que nos tornam diferentes dos outros animais”. Quando a sequência completa do chimpanzé foi publicada quatro anos depois, a sua interpretação foi mais contida: “Não conseguimos ver, nisto, por que somos tão diferentes dos chimpanzés.”¹¹

Na sequência do Projeto Genoma Humano, o estado de espírito mudou drasticamente. A antiga suposição de que a vida seria compreendida se os biólogos moleculares conhecessem o “programa” de um organismo está a dar lugar ao reconhecimento de que existe um enorme hiato entre as sequências genéticas e a forma como os organismos vivos crescem e se comportam. O presente livro esboça um modo de fazer a ponte sobre esse hiato.

Entretanto, o otimismo dos investidores bolsistas sofreu uma nova série de abalos. Após o rebentamento da bolha da biotecnologia em 2000, muitas empresas que faziam parte do boom biotecnológico da década de 1990 faliram ou foram adquiridas por corporações farmacêuticas ou químicas. Vários anos depois, os resultados económicos continuavam

decepcionantes. Um artigo do *Wall Street Journal* em 2004 tinha como título “O desolador resultado líquido da biotecnologia: mais de 40 mil milhões de dólares em prejuízos”.¹² E acrescentava:

A biotecnologia... poderá ainda vir a tornar-se um motor de crescimento económico e a curar doenças mortais. Mas é difícil argumentar que seja um bom investimento. Não só a indústria biotecnológica tem gerado retornos financeiros negativos durante décadas, como, em geral, aprofunda o seu défice a cada ano.

Apesar do seu desempenho empresarial decepcionante, este enorme investimento em biologia molecular e biotecnologia teve efeitos amplos na prática da biologia, nem que seja pela criação de tantos postos de trabalho. A enorme procura por licenciados em biologia molecular e por doutorados nesta área transformou o ensino da biologia. A abordagem molecular predomina agora nas universidades e nas escolas secundárias. Entretanto, revistas científicas de referência como a *Nature* estão repletas de anúncios de página inteira, visualmente apelativos, para máquinas de sequenciação genética, sistemas de análise proteica e equipamentos para clonagem celular.

Precisamente porque houve uma ênfase tão forte na abordagem molecular, as suas limitações estão a tornar-se cada vez mais evidentes. A sequenciação dos genomas de um número crescente de espécies animais e vegetais, juntamente com a determinação das estruturas de milhares de proteínas, está a levar os biólogos moleculares a afogarem-se nos seus próprios dados. Não existe praticamente limite para o número de genomas que poderiam ainda sequenciar ou de proteínas que poderiam analisar. Os biólogos moleculares dependem agora de especialistas em informática, no campo em rápida expansão da bioinformática, para armazenar e tentar dar sentido a esta quantidade sem precedentes de informação, por vezes designada “avalanche de dados”.¹³ No entanto, apesar de toda esta informação, a forma como os organismos em desenvolvimento adquirem as suas formas e herdaram os seus instintos permanece misteriosa.

A Evolução do Desenvolvimento

Na década de 1980, houve grande entusiasmo quando uma família de genes, chamada genes *homeobox* (*sequência reguladora conservada de DNA envolvida no controle do desenvolvimento*), foi descoberta em moscas-da-fruta. Os genes *homeobox* determinam onde os membros e outros segmentos corporais se irão formar num embrião ou larva em desenvolvimento; parecem controlar o padrão segundo o qual as diferentes partes do corpo se desenvolvem. Mutações nestes genes podem conduzir ao crescimento de partes corporais adicionais, não funcionais.¹⁴ À primeira vista, pareciam fornecer a base para uma explicação molecular da morfogénese — o surgimento de formas específicas: aqui estavam os “interruptores” fundamentais. Ao nível molecular, os genes *homeobox* atuam como moldes para proteínas que “ativam” cascatas de outros genes.

No entanto, a investigação em outras espécies revelou rapidamente que estes sistemas de controlo molecular são muito semelhantes em animais bastante diferentes. Os genes *homeobox* são quase idênticos em moscas, répteis, ratos e seres humanos. Embora desempenhem um papel na determinação do plano corporal, não conseguem, por si só, explicar a forma dos organismos. Dado que os genes são tão semelhantes na mosca-da-fruta e em nós, não podem explicar as diferenças entre moscas e humanos.

Foi surpreendente constatar que a diversidade dos planos corporais em muitos grupos animais distintos não se refletia numa diversidade ao nível dos genes. Como observaram dois destacados biólogos moleculares do desenvolvimento, “Onde mais esperamos encontrar variação, encontramos conservação — uma ausência de mudança”.¹⁵

Este estudo dos genes envolvidos na regulação do desenvolvimento faz parte de um campo em crescimento chamado biologia evolutiva do desenvolvimento, ou “evo-devo”. Mais uma vez, os triunfos da biologia molecular mostraram que a própria morfogénese continua a escapar a uma explicação puramente molecular, parecendo depender de campos. É por isso que a ideia de campos morfogenéticos, discutida neste livro, é hoje mais relevante do que nunca.

Epigenética

Ao longo do século XX, um dos tabus mais fortes na biologia foi a rejeição da herança de características adquiridas, por vezes chamada herança lamarckista, em referência ao pioneiro

biólogo evolucionista Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829). Lamarck propôs que as adaptações de plantas e animais poderiam ser transmitidas à descendência. Neste aspeto, Charles Darwin era um lamarckista convicto. Acreditava que hábitos adquiridos por animais individuais podiam ser herdados e desempenhavam um papel importante na evolução:

Não precisamos... duvidar de que, na natureza, novas raças e novas espécies se tornariam adaptadas a climas muito diferentes, por variação, auxiliada pelo hábito e regulada pela seleção natural.¹⁶

Neste sentido, a herança de hábitos por ressonância mórfica está em boa concordância com o darwinismo, em oposição ao neodarwinismo. Darwin apresentou muitos exemplos de herança de características adquiridas na sua obra *The Variation of Animals and Plants Under Domestication*, e propôs também uma teoria para a explicar — a teoria da “pangénese”.

O neodarwinismo moderno foi estabelecido na década de 1940 e rejeitou firmemente o aspeto lamarckista da teoria de Darwin. Os neodarwinistas afirmaram que os genes eram transmitidos sem modificação de pais para filhos, exceto por raras mutações aleatórias. Qualquer tipo de modificação lamarckista dos genes era considerado impossível. Em contraste, na União Soviética sob Estaline, a herança de características adquiridas tornou-se doutrina oficial sob Trofim Lysenko. O debate degenerou em polémicas e denúncias, e no Ocidente o tabu contra a herança de características adquiridas foi reforçado.

Na sua rejeição do lamarckismo, Richard Dawkins, um dos principais expoentes modernos do neodarwinismo, é explícito quanto aos seus sentimentos:

Para ser dolorosamente honesto, consigo pensar em poucas coisas que mais devastariam a minha visão do mundo do que uma necessidade demonstrada de regressar à teoria da evolução tradicionalmente atribuída a Lamarck.¹⁷

Ao longo do século XX, continuaram a acumular-se evidências a favor da herança de características adquiridas, mas foram, em geral, ignoradas. No entanto, pouco depois da viragem do milénio, o tabu começou a perder força com o reconhecimento crescente de uma nova forma de herança, chamada herança epigenética. O prefixo “epi” significa “sobre” ou “para além de”. A herança epigenética não envolve alterações nos próprios genes, mas sim alterações na expressão genética. Características adquiridas pelos progenitores podem, de

facto, ser transmitidas à descendência. Por exemplo, pulgas-de-água do género *Daphnia* desenvolvem grandes espinhos protetores quando há predadores por perto; a sua descendência também apresenta esses espinhos, mesmo quando não está exposta a predadores.¹⁸

Foram identificados vários mecanismos moleculares de herança epigenética. Alterações na configuração da cromatina — o complexo de DNA e proteínas que constitui a estrutura dos cromossomas — podem ser transmitidas de uma célula para as suas células-filhas. Algumas dessas alterações podem também ser transmitidas através dos óvulos e dos espermatozoides, tornando-se assim hereditárias. Outro tipo de alteração epigenética, por vezes designado *imprinting genómico*, envolve a metilação das moléculas de DNA. Há uma modificação química hereditária no próprio DNA, mas os genes subjacentes permanecem os mesmos.

A herança epigenética também ocorre nos seres humanos. Mesmo os efeitos de fomes e doenças podem repercutir-se ao longo das gerações. O Projeto Epigenoma Humano foi lançado em 2003 e tem ajudado a coordenar a investigação neste campo em rápida expansão.¹⁹

A ressonância mórfica fornece outro meio pelo qual a herança de características adquiridas pode ocorrer. Os seus efeitos podem ser distinguidos experimentalmente de outras formas de herança epigenética, como é discutido no Capítulo 7 e no Apêndice A.

Campos Morfogenéticos e Mórficos

Neste livro, discuto os campos morfogenéticos, os campos organizadores de moléculas, cristais, células, tecidos e, de facto, de todos os sistemas biológicos. Discuto também os campos organizadores do comportamento animal e dos grupos sociais. Enquanto os campos morfogenéticos influenciam a forma, os campos comportamentais influenciam o comportamento. Os campos organizadores dos grupos sociais, como bandos de aves, cardumes de peixes e colónias de térmitas, são chamados campos sociais. Todos estes tipos de campos são campos mórficos. Todos os campos mórficos possuem uma memória inerente, dada pela ressonância mórfica. Os campos morfogenéticos — os campos organizadores da morfogénese — constituem um tipo dentro da categoria mais ampla dos campos mórficos, de

modo análogo a uma espécie dentro de um género. Em *A Presença do Passado*²⁰, exploro a natureza mais abrangente dos campos mórficos nos seus contextos comportamental, social e cultural, bem como as suas implicações para a compreensão da memória animal e humana. Sugiro também que as nossas próprias memórias dependem da ressonância mórfica, em vez de traços materiais de memória armazenados no cérebro.

A Relação dos Campos Mórficos com a Física Moderna

Um dos paradoxos da ciência do século XX foi o facto de a teoria quântica ter introduzido uma mudança revolucionária de perspectiva na física, revelando os limites de uma abordagem reducionista, enquanto a biologia se moveu na direção oposta, afastando-se das abordagens holísticas para um reducionismo extremo. Como expressou o físico quântico alemão Hans-Peter Dürr:

A ênfase original no todo, na consideração dos seres vivos, das suas formas e Gestalt, foi substituída por uma descrição fragmentada e funcionalista, na qual, para explicar as sequências de acontecimentos, o foco incide sobre as substâncias, a matéria e os seus blocos constituintes, as moléculas e as suas interações. O surpreendente neste desenvolvimento — do holismo e mesmo do vitalismo para a biologia molecular — é que ele ocorre algumas décadas depois, e não antes, de uma mudança profunda na direção oposta ter tido lugar nos fundamentos da ciência natural, na microfísica, durante o primeiro terço do século que recentemente terminou. Aí, tornaram-se evidentes limitações fundamentais do modo fragmentador e reducionista de encarar as coisas. A substância divisível revelou, de forma estranha, aspetos holísticos.²¹

Muitos biólogos continuam a tentar reduzir os fenómenos da vida e da mente à física mecanicista do século XIX, mas a física avançou. E a física quântica oferece um contexto muito mais promissor para os campos mórficos do que qualquer coisa na física clássica. Os campos mórficos devem, de algum modo, interagir direta ou indiretamente com campos eletromagnéticos e quânticos, impondo padrões às suas atividades, de outro modo

indeterminadas. Mas a forma exata como essa interação ocorre permanece desconhecida. Um possível ponto de partida é a ideia de ordem implicada, proposta pelo físico quântico David Bohm:

Na ordem envolvida ou implicada, o espaço e o tempo deixam de ser os fatores dominantes que determinam as relações de dependência ou independência entre diferentes elementos. Em vez disso, torna-se possível um tipo completamente diferente de ligação fundamental entre os elementos, a partir do qual as nossas noções habituais de espaço e tempo, bem como as de partículas materiais separadamente existentes, são abstraídas como formas derivadas de uma ordem mais profunda. Estas noções comuns aparecem, de facto, naquilo a que se chama a ordem “explicada” ou “desdobrada”, que é uma forma especial e distinta contida na totalidade geral de todas as ordens implicadas.²²

A ordem implicada envolve um tipo de memória que se expressa através de campos quânticos e é, em termos gerais, compatível com as ideias apresentadas neste livro. Uma discussão entre David Bohm e o próprio autor sobre ressonância mórfica e ordem implicada é reproduzida no Apêndice B desta obra.

Hans-Peter Dürr discutiu também de que modo “processos da física quântica poderiam, em princípio, conter um potencial fecundo para uma explicação dos campos mórficos de Sheldrake”.²³

Outra forma pela qual a ressonância mórfica e os campos mórficos podem relacionar-se com a física moderna é através de dimensões adicionais do espaço-tempo. Embora o nosso pensamento comum esteja confinado a três dimensões de espaço e uma de tempo, como na física newtoniana, a física evoluiu acrescentando novas dimensões. Na teoria da relatividade geral, apresentada em 1915, Einstein tratou o espaço-tempo como quadridimensional. Na década de 1920, na teoria de Kaluza-Klein, o espaço-tempo foi estendido a cinco dimensões numa tentativa de unificar os campos gravitacional e eletromagnético. As tentativas modernas de unificar os campos conhecidos da física, incluindo as forças nucleares forte e fraca, centram-se sobretudo na teoria das supercordas, com dez dimensões, ou na teoria M (abreviação de Master theory), com onze.²⁴

O valor das teorias das supercordas e da teoria M é debatido, mas a sua própria existência mostra que as dimensões adicionais já não pertencem ao domínio de especulações esotéricas; fazem parte da corrente principal da física moderna.²⁵ Mas o que fazem estas dimensões adicionais, e que diferença introduzem? Alguns físicos propõem que incluem “campos de informação” que poderiam ajudar a explicar os fenómenos da vida e da mente.²⁶

Outro possível ponto de ligação entre os campos mórficos e a física moderna surge através do campo do vácuo quântico. Segundo a teoria quântica padrão, todas as forças elétricas e magnéticas são mediadas por fótons virtuais que surgem do campo do vácuo quântico e nele desaparecem novamente. Assim, todas as moléculas nos organismos vivos, todas as membranas celulares, todos os impulsos nervosos e, de facto, todos os processos eletromagnéticos e químicos dependem do aparecimento e desaparecimento de fótons virtuais neste campo de vácuo onnipresente da natureza. Poderão os campos mórficos interagir com os processos físicos e químicos regulares através do campo de vácuo? Alguns teóricos especulam que sim.²⁷

Teorias deste tipo poderão ajudar a relacionar os campos mórficos e a ressonância mórfica com a física do futuro. Mas, no presente, ninguém sabe como os fenómenos da morfogénese se relacionam com a física, seja ela convencional ou não convencional.

Testes Experimentais

Os testes experimentais para a ressonância mórfica propostos na primeira edição deste livro situavam-se sobretudo nos domínios da química e da biologia. No entanto, o maior interesse que suscitaram foi no campo da psicologia humana. Segundo a hipótese da ressonância mórfica, os seres humanos recorrem a uma memória coletiva: algo aprendido por pessoas num determinado lugar deverá, subsequentemente, tornar-se mais fácil de aprender para outras em todo o mundo.

Em 1982, a revista britânica *New Scientist* lançou um concurso de ideias sobre como testar esta hipótese. Todas as ideias vencedoras diziam respeito a experiências psicológicas. Ao mesmo tempo, um *think tank* americano, o Tarrytown Group de Nova Iorque, ofereceu um prémio de 10.000 dólares para o melhor teste desta hipótese. Mais uma vez, as propostas vencedoras situavam-se no domínio da psicologia e apresentavam evidências que apoiavam

a hipótese da ressonância mórfica. Estes resultados foram resumidos no meu livro *A Presença do Passado*.

No Apêndice A, resumo os resultados de investigações mais recentes sobre a ressonância mórfica e proponho um conjunto de novos testes para esta hipótese nos domínios da física, da química, da biologia, da psicologia e das ciências da computação.

Uma Nova Forma de Fazer Ciência

Desde a década de 1990, grande parte da minha própria investigação experimental tem incidido sobre o papel que os campos mórficos desempenham no comportamento social de animais e de seres humanos. Os meus estudos sobre aspetos inexplicados do comportamento animal e humano são resumidos nos meus livros *Sete Experiências que Podem Mudar o Mundo* (1994), *Cães que Sabem Quando os Seus Donos Estão a Regressar a Casa* (1999) e *A Sensação de Estar a Ser Encarado* (2003). Estas investigações centraram-se sobretudo nos aspetos espaciais dos campos mórficos, mais do que na ressonância mórfica, que confere a estes campos a sua dimensão temporal ou histórica.

Esta investigação é radical em dois sentidos: não só propõe uma nova forma de pensamento científico, como também uma nova maneira de fazer ciência. Este é o tema principal de *Sete Experiências que Podem Mudar o Mundo*. Muitos dos experimentos destinados a testar a existência de campos mórficos são simples e de baixo custo. Mostram que a ciência já não precisa de ser o monopólio de um sacerdócio científico. A investigação nas fronteiras da ciência está aberta à participação de estudantes e de não profissionais.

Já milhares de não profissionais contribuíram para esta investigação, fornecendo relatos de casos, participando em testes com os seus animais — como cães, gatos, cavalos e papagaios — e realizando experiências com as suas famílias e amigos, ou com colegas em escolas, institutos e universidades. Houve dezenas de projetos estudantis sobre temas relacionados com os campos mórficos, incluindo vários que ganharam prémios em feiras de ciência. Grande parte desta investigação é resumida em *Cães que Sabem Quando os Seus Donos Estão a Regressar a Casa* e *A Sensação de Estar a Ser Encarado*.

Entretanto, qualquer leitor que deseje participar nas minhas experiências atuais pode fazê-lo através do Portal de Experiências Online no meu website, <mailto:www.sheldrake.org>.

Algumas destas experiências são baseadas na internet; outras decorrem através de telemóveis. Estes testes funcionam bem como trabalhos para casa em escolas e universidades. São agradáveis de realizar, ilustram os princípios da estatística e da experimentação controlada, e constituem uma contribuição valiosa para a investigação em curso.

No passado, parte da investigação científica mais inovadora foi realizada por amadores. Charles Darwin, por exemplo, nunca ocupou um cargo institucional. Trabalhou de forma independente na sua casa em Kent, estudando cracas, criando pombos e realizando experiências no jardim com os seus filhos. Foi apenas um entre muitos investigadores independentes que, não dependentes de financiamentos nem constrangidos pelas pressões conservadoras da revisão por pares anónima, realizaram trabalhos altamente originais. Hoje, esse tipo de liberdade é quase inexistente. A partir da segunda metade do século XIX, a ciência tornou-se cada vez mais profissionalizada. Após a Segunda Guerra Mundial, houve uma enorme expansão da investigação institucional. Atualmente, existem apenas alguns cientistas independentes, sendo o mais conhecido James Lovelock, principal proponente da hipótese de Gaia.

No entanto, as condições para uma participação alargada na ciência tornaram-se mais favoráveis do que nunca. Existem centenas de milhares de pessoas em todo o mundo com formação científica. O poder computacional, outrora monopólio de grandes organizações, está amplamente disponível. A internet proporciona acesso a informação inimaginável em décadas passadas e oferece um meio de comunicação sem precedentes. Há mais pessoas com tempo livre do que nunca. Todos os anos, milhares de estudantes realizam projetos de investigação científica como parte da sua formação, e alguns acolheriam com entusiasmo a oportunidade de serem verdadeiros pioneiros. Além disso, muitas redes e associações informais já fornecem modelos para comunidades auto-organizadas de investigadores, que trabalham tanto dentro como fora das instituições científicas.

Tal como nos seus períodos mais criativos, a ciência pode voltar a ser alimentada a partir da base. A investigação pode emergir de um interesse pessoal pela natureza da natureza — um interesse que originalmente conduz muitas pessoas para carreiras científicas, mas que frequentemente é sufocado pelas exigências da vida institucional. Felizmente, esse interesse pela natureza permanece tão forte, ou até mais forte, em muitas pessoas que não são cientistas profissionais.

Creio que, não apenas nas áreas controversas na fronteira da investigação, mas também nos domínios mais convencionais, a ciência necessita de ser democratizada. Sempre foi elitista e pouco democrática, quer em monarquias, Estados comunistas ou democracias liberais. Contudo, está atualmente a tornar-se mais hierárquica, e não menos — e esta tendência precisa de ser corrigida.

Hoje, os tipos de investigação que podem ocorrer são determinados por comités de financiamento científico, e não pela imaginação humana. Além disso, o poder nesses comités está cada vez mais concentrado nas mãos de cientistas mais velhos com habilidade política, funcionários governamentais e representantes de grandes empresas. Jovens licenciados com contratos de curta duração constituem uma subclasse científica em crescimento. Nos Estados Unidos, a proporção de bolsas de investigação biomédica atribuídas a investigadores com menos de 35 anos caiu de 23% em 1980 para 4% em 2003. Isto são más notícias. À medida que a ciência se torna cada vez mais uma questão de ascender em carreiras corporativas, e cada vez menos uma jornada elevada do pensamento, também a desconfiança pública em relação aos cientistas e ao seu trabalho parece aumentar.

Em 2000, um inquérito patrocinado pelo governo britânico sobre as atitudes do público em relação à ciência revelou que a maioria das pessoas acreditava que “A ciência é movida pelos negócios — no final, tudo gira em torno do dinheiro”. Mais de três quartos dos inquiridos concordaram que “É importante haver alguns cientistas que não estejam ligados ao mundo empresarial”. Mais de dois terços consideraram que “Os cientistas deveriam ouvir mais o que as pessoas comuns pensam”. Preocupado com este afastamento do público, em 2003 o governo britânico afirmou querer envolver o público em geral num “diálogo entre a ciência, os decisores políticos e o público”. Nos meios oficiais, a abordagem passou de um modelo de “défice” na compreensão pública da ciência — que vê a educação factual simples como chave — para um modelo de “envolvimento” entre ciência e sociedade.

A participação pública implicaria mais do que a criação de comités de não cientistas para aconselhar os organismos de financiamento existentes. Em 2003, na *New Scientist*²⁸, e em 2004, na *Nature*²⁹, propus uma possibilidade mais radical: reservar uma pequena percentagem do orçamento público para a ciência, por exemplo 1%, para investigação proposta por cidadãos comuns.

Que questões seriam de interesse público? Por que não perguntar? Organizações como instituições de caridade, escolas, autarquias locais, sindicatos, grupos ambientais e associações de jardinagem poderiam ser convidadas a apresentar sugestões. Dentro de cada organização, a própria possibilidade de propor investigação desencadearia provavelmente discussões abrangentes e promoveria um sentimento de participação em amplos setores da população.

Para evitar que este fundo de 1% fosse capturado pelo Establishment científico, teria de ser administrado por um conselho composto maioritariamente por não cientistas, à semelhança do que acontece em muitas instituições de investigação financiadas por donativos. O financiamento seria restringido a áreas não já abrangidas pelos restantes 99% do orçamento científico público. Este sistema poderia ser tratado como uma experiência e testado durante, por exemplo, cinco anos. Se não produzisse efeitos úteis, poderia ser descontinuado. Se conduzisse a investigação produtiva, a uma maior confiança pública na ciência e a um aumento do interesse entre estudantes, a percentagem atribuída a este fundo poderia ser ampliada. Acredito que esta iniciativa tornaria a ciência mais atrativa para os jovens, estimularia o interesse pelo pensamento científico e pela formulação de hipóteses, e ajudaria a reduzir o sentimento de afastamento que muitas pessoas sentem em relação à ciência.

Controvérsias

Quando *Uma Nova Ciência da Vida* foi publicado pela primeira vez no Reino Unido, em 1981, houve uma discussão alargada sobre a ideia de campos morfogenéticos e de ressonância mórfica. Após três meses, surgiu um editorial, hoje célebre, na primeira página da *Nature*. Sob o título “Um livro para queimar?”, o editor condenou as minhas propostas num ataque extraordinário:

Mesmo os maus livros não deveriam ser queimados; obras como Mein Kampf tornaram-se documentos históricos para aqueles que se interessam pela patologia da política. Mas que dizer do livro de Rupert Sheldrake, Uma Nova Ciência da Vida? Este panfleto irritante tem sido amplamente saudado por jornais e revistas de divulgação científica como a “resposta” à ciência materialista, e está já a

caminho de se tornar uma referência para a heterogénea multidão de criacionistas, antirreducionistas, neolamarckistas e outros. O autor, de formação bioquímico e, de facto, um homem informado, está, no entanto, equivocado. O seu livro é o melhor candidato à fogueira que apareceu há muitos anos.³⁰

O editor não apresentou argumentos fundamentados contra a hipótese que propus. Em vez disso, depositou a sua confiança nos avanços futuros da biologia molecular:

O argumento de Sheldrake parte do seu catálogo das formas pelas quais os biólogos moleculares, sem dúvida as tropas de choque dos reducionistas, até agora não conseguiram calcular o fenótipo de um organismo individual a partir do conhecimento do seu genótipo. Mas e então? Não mostraram claramente os últimos 20 anos que as explicações moleculares da maioria dos fenómenos biológicos são, ao contrário de algumas expectativas anteriores, possíveis e poderosas?

O editor, John Maddox (mais tarde Sir John Maddox), também rejeitou as minhas propostas experimentais como “impraticáveis, no sentido em que nenhuma agência de financiamento com respeito por si própria levará a proposta a sério”.

Este editorial foi seguido por correspondência na *Nature*, que se prolongou durante meses, na qual muitos cientistas criticaram o tom intempestivo deste ataque e defenderam a necessidade de um pensamento radical sobre os problemas não resolvidos da ciência.³¹ Uma das cartas foi do físico quântico Brian Josephson, laureado com o Prémio Nobel:

Os rápidos avanços na biologia molecular a que se refere não significam grande coisa. Se alguém está numa viagem, o progresso rápido ao longo do caminho não implica que esteja próximo do destino, nem que o destino será alcançado continuando a seguir a mesma estrada. Ao referir-se a “agências de financiamento com respeito por si próprias”, revela uma preocupação não com a validade científica, mas com a respeitabilidade. A fraqueza fundamental é a incapacidade de admitir sequer a possibilidade de

existirem factos físicos genuínos fora do alcance das descrições científicas atuais. De facto, um novo tipo de compreensão da natureza está agora a emergir, com conceitos como ordem implicada e realidade dependente do sujeito (e agora, talvez, causação formativa). Estes desenvolvimentos ainda não penetraram nas principais revistas científicas. Só se pode esperar que os editores deixem em breve de obstruir esta via de progresso.³²

Em 1994, a BBC entrevistou John Maddox sobre a sua reação. Ele não demonstrou arrependimento, afirmando: “Sheldrake está a propor magia em vez de ciência, e isso pode ser condenado exatamente na linguagem que o Papa utilizou para condenar Galileu, e pela mesma razão. É heresia.”³³ Talvez desconhecesse que, dois anos antes, a 15 de Julho de 1992, o Papa João Paulo II declarou formalmente que a Igreja tinha errado ao condenar Galileu.

Nos países de língua alemã, surgiram muitos artigos e debates sobre esta hipótese, envolvendo cientistas, filósofos, psicólogos e outros. Algumas dessas reações diversas foram reunidas num livro publicado em alemão em 1997, intitulado *Rupert Sheldrake in der Diskussion*.³⁴

Nas décadas de 1980 e 1990, muitas pessoas na comunidade científica, tal como o editor da *Nature*, estavam confiantes de que mais investigação sobre sequências genéticas e mecanismos moleculares revelaria quase tudo o que precisamos de saber sobre a vida, explicando os mistérios da forma biológica, do comportamento instintivo, da aprendizagem e até da própria consciência. Vários cientistas de renome acreditavam que a ciência se aproximava do seu culminar definitivo; todas as descobertas importantes já teriam sido feitas. Este estado de espírito foi sintetizado em 1996 no livro de grande sucesso de John Horgan, *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. Como Horgan expressou:

Se acreditarmos na ciência, devemos aceitar a possibilidade — até a probabilidade — de que a grande Era das descobertas científicas chegou ao fim. Por ciência entendo não a ciência aplicada, mas a ciência na sua forma mais pura e grandiosa, a busca humana primordial de compreender o universo e o nosso lugar nele.

Investigações futuras poderão já não produzir grandes revelações ou revoluções, mas apenas retornos incrementais e decrescentes.³⁵

Felizmente, a ciência não chegou ao fim, apesar da sequenciação do genoma humano, da avalanche de dados na biologia molecular, do *boom* da imagiologia cerebral, das especulações dos teóricos das supercordas e da descoberta de que mais de 90% do universo é constituído por matéria escura e energia escura, cuja natureza é literalmente obscura.

Os problemas não resolvidos da biologia, resumidos no Capítulo 1, estavam por resolver em 1981 — e continuam por resolver hoje. As questões discutidas neste livro permanecem totalmente em aberto. O debate continua; e, ao ler este livro, passa a fazer parte dele.



Agradecimentos

No desenvolvimento contínuo e nos testes da hipótese da causação formativa, muitas pessoas ajudaram-me através de discussões, comentários, sugestões e críticas. Em particular, gostaria de agradecer a Ralph Abraham, Ted Bastin, Patrick Bateson, Dick Bierman, o falecido Richard Braithwaite, Stephen Braude, John Brockman, David Jay Brown, Christopher Clarke, John Cobb, Stephen Cohen, Hans-Peter Dürr, Lindy Dufferin e Ava, Ted Dace, a falecida Dorothy Emmet, Suitbert Ertel, Addison Fischer, Matthew Fox, Stanislav Grof, Brian Goodwin, Franz-Theo Gottwald, o falecido Stephen Jay Gould, David Ray Griffin, Christian Gronau, Stephan Harding, o falecido Willis Harman, Mary Hesse, Nicholas Humphrey, Francis Huxley, Jürgen Krönig, David Lambert, Bruce Lipton, Nancy Lunney, a falecida Margaret Masterman, Katinka Matson, o falecido Terence McKenna, John Michell, o falecido Robert Morris, Carl Neumann, Guy Lyon Playfair, Jill Purce, Dean Radin, Anthony Ramsay, o falecido Brendan O'Reagan, Keith Roberts, Steven Rooke, Steven Rose, a falecida Miriam Rothschild, Janis Rozé, Edward St Aubyn, Gary Schwartz, Martin Schwartz, Merlin Sheldrake, Alexander Shulgin, Harris Stone, James Trifone, o falecido Francisco Varela, Christopher Whitmont e Götz Wittneben.

Estou muito grato a Matthew Clapp, que criou o meu website, <mailto:www.sheldrake.org>, em 1997 e desempenhou funções de webmaster até 2002; ao meu atual webmaster, John Caton, que tem gerido o site desde 2002; e a Helmut Lasarcyk, o meu webmaster alemão, que também traduziu amavelmente muitas cartas, artigos e manuscritos. Estou igualmente muito grato à minha assistente de investigação, Pam Smart, que trabalha comigo desde 1994 e tem ajudado de inúmeras formas.

Agradeço reconhecidamente o apoio organizacional e financeiro à investigação por parte do Institute of Noetic Sciences, Califórnia, do International Center for Integral Studies, Nova Iorque, da Schweisfurth Foundation, Alemanha, da Lifebridge Foundation, Nova Iorque, da Bial Foundation, Portugal, da Fred Foundation, Holanda, e do Perrott-Warrick Fund, administrado pelo Trinity College, Cambridge. Estou também grato aos seguintes benfeitores pelo seu generoso apoio: o falecido Laurance Rockefeller, o falecido Bob Schwartz, de Nova Iorque, o falecido C.W. "Ben" Webster, de Toronto, Evelyn Hancock, de Old Greenwich, Connecticut, Bokhara Legendre, de Medway, Carolina do Sul, Ben Finn, de Londres, e Addison Fischer, de Naples, Florida.

Pelos comentários úteis sobre versões preliminares desta nova edição, agradeço a Ted Dace, Nicholas Greaves, Helmut Lasarcyk, Jill Purce e Götz Wittneben. Merlin Sheldrake desenhou os diagramas das Figuras 20 e A.2–A.5. Todos os outros desenhos e diagramas são de Keith Roberts, salvo indicação em contrário.

*Hampstead, Londres
Setembro de 2008*

Introdução

Atualmente, a abordagem ortodoxa da biologia assenta na teoria mecanicista da vida: os organismos vivos são considerados máquinas físico-químicas, e todos os fenómenos da vida são tidos, em princípio, como explicáveis em termos de física e química.¹ Este paradigma mecanicista² não é, de modo algum, recente; predomina há bem mais de um século. A principal razão pela qual a maioria dos biólogos continua a adotá-lo é o facto de funcionar: proporciona um quadro conceptual no interior do qual podem ser formuladas e respondidas questões acerca dos mecanismos físico-químicos dos processos vitais.

O facto de esta abordagem ter conduzido a êxitos espetaculares, como a «decifração do código genético», constitui um forte argumento a seu favor. Ainda assim, os seus críticos apresentaram razões aparentemente sólidas para duvidar de que todos os fenómenos da vida, incluindo o comportamento humano, possam alguma vez ser explicados de forma inteiramente mecanicista.³ Contudo, mesmo que se reconhecesse que a abordagem mecanicista é profundamente limitada, não apenas na prática, mas também em princípio, ela não poderia ser simplesmente abandonada; atualmente, é praticamente a única abordagem disponível para a biologia experimental e continuará, sem dúvida, a ser seguida até que surja uma alternativa positiva.

Qualquer nova teoria capaz de ampliar ou ultrapassar a teoria mecanicista terá de fazer mais do que afirmar que a vida envolve qualidades ou fatores ainda não reconhecidos pelas ciências físicas: terá de esclarecer que tipo de realidades são essas qualidades ou fatores, como atuam e que relação mantêm com os processos físicos e químicos conhecidos.

A forma mais simples de modificar a teoria mecanicista seria supor que os fenómenos da vida dependem de um novo tipo de fator causal, desconhecido das ciências físicas, que interage com os processos físico-químicos no interior dos organismos vivos. No início do século XX, foram propostas várias versões desta teoria vitalista⁴, mas nenhuma conseguiu produzir previsões suscetíveis de serem testadas ou sugerir novos tipos de experiências. Se, para citar Sir Karl Popper, «o critério do estatuto científico de uma teoria é a sua falseabilidade, refutabilidade ou testabilidade»⁵, o vitalismo não preenchia esse requisito.

A filosofia organísmica ou holística da natureza proporciona, contudo, um contexto para uma revisão mais radical da teoria mecanicista. Esta filosofia rejeita a ideia de que tudo no universo possa ser explicado, por assim dizer, de baixo para cima, com base nas propriedades das partículas subatômicas, dos átomos ou mesmo das moléculas. Em vez disso, reconhece a existência de sistemas organizados hierarquicamente que, em cada nível de complexidade, possuem propriedades que não podem ser plenamente compreendidas apenas a partir das propriedades exibidas pelas suas partes quando isoladas umas das outras; em cada nível, o todo é mais do que a soma das suas partes. Estes todos podem ser concebidos como organismos, usando deliberadamente o termo num sentido amplo, que inclui não apenas animais e plantas, órgãos, tecidos e células, mas também cristais, moléculas, átomos e partículas subatômicas. Na prática, esta filosofia propõe, tanto nas ciências biológicas como nas físicas, uma passagem do paradigma da máquina para o paradigma do organismo. Segundo a conhecida formulação de Alfred North Whitehead: «A biologia é o estudo dos organismos maiores, enquanto a física é o estudo dos organismos menores.»⁶

Desde a década de 1920, muitos autores, incluindo biólogos, têm defendido diferentes versões desta filosofia organísmica.⁷ Contudo, para que o organicismo exerça sobre as ciências naturais uma influência que não seja meramente superficial, terá de ser capaz de produzir previsões testáveis.⁸

O conceito organísmico mais importante até agora proposto é o de campos morfogenéticos.⁹ Supõe-se que estes campos contribuam para explicar ou descrever o aparecimento das formas características dos embriões e de outros sistemas em desenvolvimento. O problema é que este conceito tem sido utilizado de forma ambígua. O próprio termo parece implicar a existência de um novo tipo de campo físico que desempenha um papel no desenvolvimento da forma. Porém, alguns teóricos organicistas negam estar a propor a existência de qualquer novo tipo de campo, entidade ou fator ainda não reconhecido pela física;¹⁰ afirmam, em vez disso, estar apenas a oferecer uma nova maneira de falar acerca de sistemas físico-químicos complexos.¹¹ É pouco provável que esta abordagem nos leve muito longe. O conceito de campos morfogenéticos só poderá ter valor científico prático se conduzir a previsões testáveis que difiram das previsões da teoria mecanicista convencional. E tais previsões não poderão ser formuladas a menos que se considere que os campos morfogenéticos produzem efeitos mensuráveis.

A hipótese apresentada neste livro baseia-se na ideia de que os campos morfogenéticos produzem efetivamente efeitos físicos mensuráveis. Propõe que campos morfogenéticos específicos são responsáveis pela forma e organização características dos sistemas em todos os níveis de complexidade, não apenas no domínio da biologia, mas também nos domínios da química e da física. Estes campos ordenam os sistemas aos quais estão associados ao influenciarem acontecimentos que, do ponto de vista energético, se revelam indeterminados ou probabilísticos; impõem restrições estruturadas aos resultados energeticamente possíveis dos processos físicos.

Se os campos morfogenéticos são responsáveis pela organização e pela forma dos sistemas materiais, então também eles deverão possuir estruturas características. De onde provêm, portanto, essas estruturas de campo? Derivam dos campos morfogenéticos associados a sistemas semelhantes anteriores: os campos morfogenéticos de todos os sistemas passados tornam-se presentes em qualquer sistema semelhante posterior; as estruturas dos sistemas passados influenciam sistemas semelhantes subsequentes através de uma influência cumulativa que atua tanto através do espaço como do tempo.

Segundo esta hipótese, os sistemas organizam-se como se organizam porque sistemas semelhantes se organizaram dessa forma no passado. Por exemplo, as moléculas de um composto orgânico complexo cristalizam segundo um padrão característico porque a mesma substância já cristalizou anteriormente dessa maneira; uma planta assume a forma característica da sua espécie porque os membros anteriores dessa espécie assumiram essa forma; e um animal comporta-se instintivamente de determinada maneira porque animais semelhantes se comportaram desse modo no passado.

A hipótese ocupa-se da repetição das formas e dos padrões de organização; a questão da origem dessas formas e desses padrões encontra-se fora do seu âmbito. Essa questão pode receber diferentes respostas, mas todas parecem igualmente compatíveis com o mecanismo de repetição aqui proposto.¹²

Desta hipótese podem deduzir-se várias previsões testáveis que diferem profundamente das previsões da teoria mecanicista convencional. Basta um exemplo: se um animal, digamos um rato, aprender a executar um novo padrão de comportamento, haverá uma tendência para que qualquer rato semelhante que surja posteriormente — da mesma linhagem, criado em condições semelhantes, etc. — aprenda mais rapidamente a executar esse mesmo padrão

de comportamento. Quanto maior for o número de ratos que aprenderem a realizar a tarefa, mais fácil deverá tornar-se para qualquer rato semelhante posterior aprendê-la.

Assim, por exemplo, se milhares de ratos fossem treinados para executar uma nova tarefa num laboratório em Londres, ratos semelhantes deveriam aprender a realizá-la mais rapidamente em laboratórios de qualquer outra parte do mundo. Se a velocidade de aprendizagem de ratos noutra laboratório, por exemplo em Nova Iorque, fosse medida antes e depois de os ratos de Londres terem sido treinados, os ratos testados na segunda ocasião deveriam aprender mais rapidamente do que os testados na primeira. O efeito deveria ocorrer na ausência de qualquer tipo conhecido de ligação física ou comunicação entre os dois laboratórios.

Uma previsão destas poderá parecer tão improvável que roça o absurdo. No entanto, por mais surpreendente que pareça, já existem indícios provenientes de estudos laboratoriais com ratos de que o efeito previsto ocorre realmente.¹³

Esta hipótese, denominada hipótese da causalidade formativa, conduz a uma interpretação de muitos fenómenos físicos e biológicos radicalmente diferente da oferecida pelas teorias existentes e permite observar sob uma nova luz vários problemas bem conhecidos. Neste livro, a hipótese é apresentada numa forma preliminar, algumas das suas implicações são discutidas e são sugeridas diversas maneiras de a submeter a prova.

CAPÍTULO 1

Os Problemas Não Resolvidos da Biologia

1. O Contexto dos Êxitos Alcançados

No mundo da ciência, a teoria predominante da vida é mecanicista. Os organismos vivos são máquinas. Não possuem almas nem princípios vitais misteriosos; podem ser plenamente explicados em termos de física e química. Esta ideia não é nova: remonta ao filósofo René Descartes (1596–1650). Em 1867, T. H. Huxley resumiu-a do seguinte modo:

A fisiologia zoológica é a doutrina das funções ou ações dos animais. Considera os corpos animais como máquinas impulsionadas por diversas forças e capazes de realizar uma determinada quantidade de trabalho, exprimível em termos das forças comuns da natureza. O objetivo último da fisiologia é deduzir, por um lado, os factos da morfologia e, por outro, os da ecologia, a partir das leis das forças moleculares da matéria.¹

Os desenvolvimentos posteriores da fisiologia, bioquímica, biofísica, genética e biologia molecular encontram-se já prefigurados nestas ideias. Em muitos aspetos, estas ciências alcançaram êxitos extraordinários, sobretudo a biologia molecular. A descoberta da estrutura do ADN, a «decifração do código

genético», a elucidação do mecanismo da síntese proteica e a sequenciação do genoma humano parecem constituir confirmações impressionantes da validade desta abordagem.

Os defensores mais articulados da teoria mecanicista são os biólogos moleculares. As suas exposições começam geralmente por uma breve rejeição das teorias vitalistas e organísmicas. Estas são apresentadas como sobrevivências de crenças «primitivas», destinadas a recuar cada vez mais à medida que a biologia mecanicista progride. O raciocínio prossegue então, em linhas gerais, da seguinte forma²:

A natureza química do material genético, o ADN, é atualmente conhecida, tal como o código genético através do qual este codifica a sequência de aminoácidos nas proteínas. O mecanismo da síntese proteica é compreendido com bastante pormenor. A estrutura de muitas proteínas já foi determinada. Todas as enzimas são proteínas, e as enzimas catalisam as complexas cadeias e ciclos de reações bioquímicas que constituem o metabolismo de um organismo. O metabolismo é controlado por mecanismos bioquímicos de retroação; conhecem-se vários mecanismos através dos quais as taxas de atividade enzimática podem ser reguladas. As proteínas e os ácidos nucleicos agregam-se espontaneamente para formar estruturas como vírus e ribossomas. Dada a diversidade de propriedades das proteínas, acrescida das propriedades de outros sistemas físico-químicos, como as membranas lipídicas, e de complexos sistemas de interação físico-química, as propriedades das células vivas podem, em princípio, ser plenamente explicadas.

A chave para os problemas da diferenciação e do desenvolvimento, acerca dos quais muito pouco se sabe, reside na compreensão do

controle da síntese proteica. No caso da bactéria *Escherichia coli*, compreende-se em pormenor o modo como é controlada a síntese de determinadas enzimas metabólicas e de outras proteínas. Nos organismos superiores, o controle da síntese proteica processa-se através de mecanismos mais complexos, mas sabemos hoje mais sobre eles do que alguma vez soubemos. Com o tempo, a diferenciação e o desenvolvimento deverão tornar-se explicáveis em termos de séries de «interruptores» acionados quimicamente, que «ligam» ou «desligam» genes ou grupos de genes. Já são conhecidos importantes sistemas deste tipo, como os genes homeobox.³

O modo como as partes dos organismos vivos se encontram adaptadas às funções do todo, bem como a orientação aparentemente finalista da estrutura e do comportamento dos seres vivos, depende de mutações genéticas aleatórias seguidas de seleção natural: os genes que aumentam a capacidade de um organismo sobreviver e reproduzir-se serão selecionados; as mutações prejudiciais serão eliminadas. A teoria neodarwinista da evolução pode, assim, explicar o carácter aparentemente finalista da estrutura e do comportamento dos organismos vivos; torna-se, portanto, inteiramente desnecessário supor a intervenção de quaisquer «fatores vitais» misteriosos.

Sabe-se cada vez mais acerca do funcionamento do sistema nervoso central, e os avanços da bioquímica, da biofísica, da eletrofisiologia e da imagiologia cerebral já nos ajudam a explicar aquilo a que chamamos mente em termos dos mecanismos físicos e químicos do cérebro. A modelação computacional permite-nos conceber a mente como um programa que opera através do equipamento físico do cérebro. Os sonhos de criar inteligência artificial, e até a própria consciência, no interior de máquinas poderão em breve aproximar-se da realidade.⁴

Assim, os organismos vivos são, em princípio, plenamente explicáveis em termos de física e química. A nossa compreensão limitada dos mecanismos do desenvolvimento e do sistema nervoso central deve-se à enorme complexidade dos problemas; mas, agora, munidos dos novos e poderosos conceitos da biologia molecular e auxiliados por modelos computacionais, podemos abordar estes temas de uma forma anteriormente impossível.

À luz dos êxitos alcançados no passado, é compreensível o otimismo segundo o qual todos os problemas da biologia poderão, em última análise, ser resolvidos mecanicisticamente. No entanto, uma avaliação realista das perspectivas de uma explicação mecanicista terá de assentar em mais do que um ato de fé; só poderá ser formulada depois de se considerarem os problemas ainda por resolver na biologia e o modo como poderão ser solucionados.

2. Os Problemas da Morfogénese

A morfogénese biológica pode ser definida como o «processo pelo qual surgem as formas características e específicas dos organismos vivos».⁵ O primeiro problema reside precisamente no facto de a forma surgir: aparecem novas estruturas, como olhos ou flores, que não podem ser explicadas em termos de estruturas já presentes no ovo ou na semente. Não existem olhos em miniatura nos ovos das águias, nem flores em miniatura nas sementes das dedaleiras.

O segundo problema consiste no facto de muitos sistemas em desenvolvimento possuírem capacidade de regulação; por outras palavras, se uma parte de um sistema em desenvolvimento for removida — ou se lhe for acrescentada uma parte adicional —, o sistema continua a desenvolver-se de maneira a produzir uma estrutura mais ou menos normal. A demonstração clássica deste fenómeno encontra-se nas experiências de Hans Driesch com embriões de ouriço-do-mar. Quando uma das células de um embrião muito jovem, ainda no estágio de duas células, era destruída, a célula restante não dava origem a metade de um ouriço-do-mar, mas a um ouriço-do-mar pequeno e completo. Do mesmo modo, organismos pequenos, mas completos, desenvolviam-se após a destruição de uma, duas ou três células de embriões no estágio de quatro células. Inversamente, a fusão de dois jovens embriões de ouriço-do-mar resultava no desenvolvimento de um único ouriço-do-mar gigante.⁶

A regulação ocorre em todos os organismos em desenvolvimento, tanto animais como vegetais. Nos animais, à medida que o desenvolvimento progride, esta capacidade perde-se frequentemente quando o destino das diferentes regiões do embrião fica determinado, como acontece nos membros e no fígado. Contudo, mesmo quando essa determinação ocorre numa fase inicial, como nos embriões dos insetos, continua a verificar-se regulação depois de o ovo sofrer danos (Fig. 1).

Resultados deste tipo mostram que as plantas e os animais em desenvolvimento avançam em direção a um objetivo morfológico. Possuem alguma propriedade que especifica esse objetivo e lhes

permite alcançá-lo, mesmo quando partes do sistema são removidas e o percurso normal do desenvolvimento é perturbado.

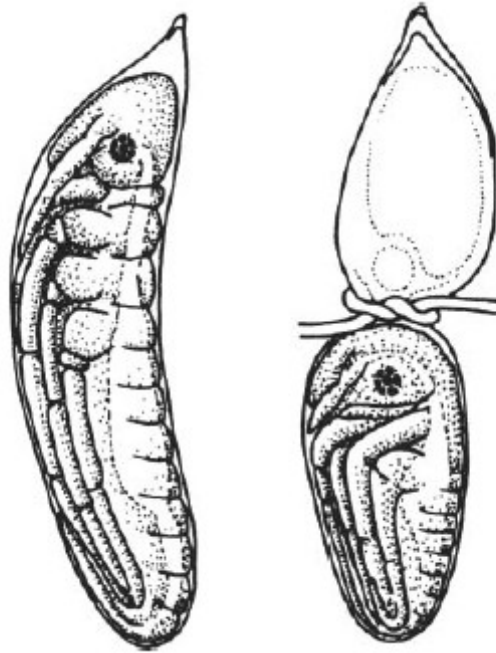


Figura 1 — Um exemplo de regulação. À esquerda encontra-se um embrião normal da libélula *Platycnemis pennipes*. À direita encontra-se um embrião pequeno, mas completo, formado a partir da metade posterior de um ovo que foi ligado na região mediana pouco depois da postura. (Adaptado de Weiss, 1939.)

O terceiro problema é o da regeneração. Os organismos substituem ou restauram estruturas danificadas. Muitas plantas possuem capacidades regenerativas quase ilimitadas. Se o tronco, os ramos e os galhos de um salgueiro forem cortados em centenas de pedaços, todos eles poderão crescer e dar origem a novas árvores. Alguns animais também se regeneram a partir de fragmentos. Uma planária, por exemplo, pode ser cortada em vários pedaços, cada um dos quais dará origem a um novo verme.

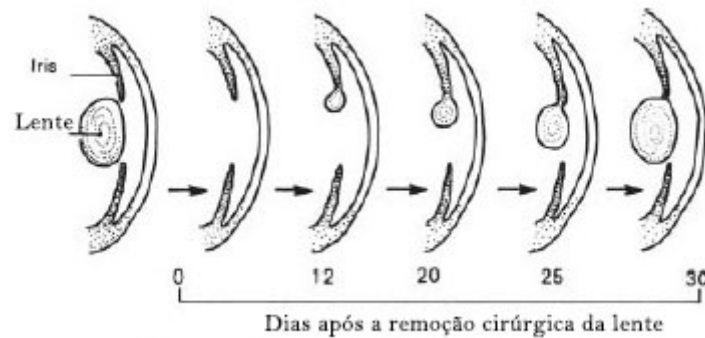


Figura 2 — Regeneração de um cristalino a partir da margem da íris no olho de um tritão, após a remoção cirúrgica do cristalino original. (Cf. Needham, 1942.)

Alguns vertebrados revelam capacidades impressionantes de regeneração. Se o cristalino for removido cirurgicamente do olho de um tritão, um novo cristalino regenera-se a partir da margem da íris (Fig. 2); durante o desenvolvimento embrionário normal, porém, o cristalino forma-se de maneira muito diferente, a partir da pele. O biólogo alemão Gustav Wolff estudou este tipo de regeneração na década de 1890. Escolheu deliberadamente uma forma de mutilação que não teria ocorrido acidentalmente na natureza; por conseguinte, não poderia ter existido seleção natural a favor deste processo regenerativo.⁷

O quarto problema é colocado pelo simples facto da reprodução: uma parte separada do progenitor transforma-se num novo organismo; uma parte torna-se um todo.



Estes fenómenos só podem ser compreendidos em termos de causas que sejam, de algum modo, mais do que a soma das partes e que determinem os objetivos dos processos de desenvolvimento.

Os vitalistas atribuem estas propriedades a fatores vitais; os organicistas, a propriedades dos sistemas ou a campos morfogenéticos; e os mecanicistas, a programas genéticos.

O conceito de programas genéticos baseia-se numa analogia com os programas informáticos. A metáfora implica que o ovo fecundado contém um programa previamente constituído que, de algum modo, coordena o desenvolvimento do organismo. Contudo, o programa genético terá de envolver algo mais do que a estrutura química do ADN, porque cópias idênticas do ADN são transmitidas a todas as células; se todas as células fossem programadas de forma idêntica, não poderiam desenvolver-se de maneira diferente. Então, em que consiste exatamente esse programa? Perante esta questão, a ideia acaba por dissolver-se em sugestões vagas acerca de interações físico-químicas estruturadas no tempo e no espaço; o problema é apenas reformulado.⁸

A metáfora do programa coloca ainda outro problema. Um programa informático é introduzido num computador por um ser consciente e inteligente: o programador. É concebido inteligentemente para alcançar um objetivo computacional. Na medida em que o programa genético é análogo a um programa informático, implica a existência de uma mente orientada para um propósito que desempenhe o papel de programador.

Os mecanicistas rejeitam a ideia de que os organismos em desenvolvimento estejam sob o controlo de um fator vital que os orienta para os seus objetivos morfológicos. No entanto, na medida em que as explicações mecanicistas dependem de conceitos teleológicos, como programas ou instruções genéticas, a orientação para objetivos só pode ser explicada porque já foi introduzida sub-repticiamente na explicação. Na verdade, as propriedades atribuídas aos programas genéticos são extraordinariamente semelhantes às aquelas com que os vitalistas dotavam os seus hipotéticos fatores vitais; ironicamente, o programa genético parece assemelhar-se muito a um fator vital sob uma aparência mecanicista.⁹

No conceito de «gene egoísta» de Richard Dawkins, os próprios genes ganharam vida. São como pequenas pessoas: tão implacáveis e competitivos como «gangsters bem-sucedidos de Chicago»; possuem o poder de «moldar a matéria», «criar forma», «escolher» e até «aspirar à imortalidade».¹⁰ A retórica de Dawkins é vitalista. Os seus genes egoístas são fatores vitais miniaturizados.

Ainda assim, o facto de a morfogénese biológica não poder atualmente ser explicada de forma rigorosamente mecanicista não prova que nunca o venha a ser. As perspetivas de se alcançar tal explicação no futuro são analisadas no capítulo seguinte.

3. Comportamento

Se os problemas da morfogénese são extremamente difíceis, os do comportamento são ainda mais complexos. Em primeiro lugar, o instinto. Considere-se, por exemplo, o modo como as aranhas conseguem tecer teias sem aprenderem com outras aranhas.¹¹ Ou considere-se o comportamento dos cucos europeus. As crias eclodem e são alimentadas por aves de outras espécies, sem nunca verem os progenitores. Próximo do fim do verão, os cucos adultos migram para o seu outro habitat, no Sul de África. Cerca de um mês mais tarde, os cucos jovens reúnem-se e migram igualmente para o Sul de África, onde se juntam aos adultos.¹² Migram instintivamente e sabem quando devem fazê-lo; reconhecem instintivamente outros cucos jovens e agrupam-se com eles; e sabem instintivamente em que direção devem voar e como encontrar os seus habitats ancestrais no Sul de África, depois de atravessarem, sem acompanhamento, o estreito de Gibraltar e o deserto do Sara.

Em segundo lugar, existe o problema colocado pela orientação para objetivos do comportamento animal. Mesmo quando um animal é impedido de alcançar o seu objetivo por uma determinada via, pode consegui-lo por outra. Por exemplo, um cão a quem foi amputada uma perna aprende a caminhar sobre três patas em vez de quatro. Outro cão, depois de sofrer uma lesão cerebral, recupera gradualmente a maior parte das suas capacidades anteriores. Um terceiro encontra obstáculos colocados no seu caminho. Apesar das perturbações nos membros, no sistema nervoso central ou no

ambiente, os três cães conseguem deslocar-se de um lugar para outro aonde desejam chegar.

Em terceiro lugar, existe o problema do comportamento inteligente: surgem novos padrões de comportamento que não podem ser inteiramente explicados em termos de causas anteriores. Os animais podem ser criativos.

Entre estes fenómenos e as ciências da biologia molecular, bioquímica, genética e neurofisiologia abre-se um enorme abismo de ignorância. Como poderá o comportamento migratório dos cucos jovens ser, em última análise, explicado em termos de ADN, síntese proteica e biologia molecular celular?

Uma explicação satisfatória exigiria, evidentemente, mais do que demonstrar que determinados genes, contendo determinadas sequências de bases no ADN, são necessários para esse comportamento, ou que o comportamento dos cucos depende de impulsos elétricos nos nervos; exigiria alguma compreensão das ligações entre sequências específicas de bases no ADN, o sistema nervoso das aves e o comportamento migratório. Atualmente, estas ligações só podem ser estabelecidas pelas mesmas entidades difíceis de apreender que «explicam» todos os fenómenos da morfogénese: programas genéticos, fatores vitais, propriedades sistémicas ou campos morfogenéticos.

Em qualquer caso, a compreensão do comportamento pressupõe a compreensão da morfogénese. Mesmo que todo o comportamento

de um animal relativamente simples, como um verme nemátode, pudesse ser compreendido em pormenor a partir da «cablagem» e da fisiologia do seu sistema nervoso, continuaria a existir o problema de saber como esse sistema nervoso adquiriu, desde o início, uma organização tão precisa.

4. Evolução

Muito antes de se conceber a genética mendeliana, os criadores de plantas e animais desenvolveram numerosas variedades de plantas cultivadas e animais domesticados, como as rosas-de-damasco e os cães do faraó. A seleção artificial constituiu a base do seu êxito. Charles Darwin defendeu de forma convincente que um desenvolvimento comparável de raças e variedades ocorria em estado selvagem sob a influência da seleção natural, em vez da seleção artificial.

Darwin acreditava igualmente que os hábitos adquiridos por plantas e animais podiam ser herdados.¹³ A teoria neodarwinista da evolução concorda quanto à importância da seleção natural, mas rejeita a herança dos hábitos e procura explicar toda a inovação evolutiva em termos de mutações genéticas aleatórias — razão pela qual é neodarwinista, e não darwinista.

Todos concordam que a mutação e a seleção natural podem conduzir à formação de variedades ou subespécies. Contudo, não existe consenso entre os biólogos evolucionistas quanto à possibilidade de a microevolução gradual no interior de uma espécie

explicar a origem das próprias espécies, ou de gêneros, famílias e divisões taxonômicas superiores. Uma escola de pensamento sustenta que toda a evolução em grande escala, ou macroevolução, pode efetivamente ser explicada por processos prolongados de microevolução;¹⁴ outra escola nega essa possibilidade e postula que, ao longo da evolução, ocorrem subitamente grandes saltos.¹⁵ Embora as opiniões divirjam quanto à importância relativa de muitas pequenas mutações ou de algumas mutações de grande alcance, existe consenso geral de que as mutações são aleatórias e de que a evolução pode ser explicada pela combinação entre mutação aleatória e seleção natural.

Esta teoria é inevitavelmente especulativa. Os indícios da evolução estão abertos a diversas interpretações. Os opositores do neodarwinismo podem argumentar que as inovações evolutivas não são inteiramente explicáveis em termos de acontecimentos fortuitos, mas resultam da atividade de um princípio criativo não reconhecido pela ciência mecanicista. Além disso, as pressões seletivas decorrentes do comportamento e das propriedades dos organismos vivos podem depender, elas próprias, de fatores organizadores internos de natureza essencialmente não mecanicista.

Assim, o problema da evolução não pode ser resolvido de forma conclusiva. As teorias organísmicas envolvem necessariamente uma extrapolação de ideias organísmicas, do mesmo modo que a teoria neodarwinista envolve uma extrapolação de ideias mecanicistas.

5. A origem da vida

O problema da origem da vida é tão insolúvel como o da evolução, e pelas mesmas razões. O que aconteceu num passado remoto nunca poderá ser conhecido com certeza; provavelmente haverá sempre uma profusão de especulações. Entre os cenários propostos para a origem da vida contam-se o seu aparecimento espontâneo num caldo primordial na Terra; a contaminação da Terra por microrganismos enviados deliberadamente numa nave espacial por seres inteligentes de um planeta pertencente a outro sistema solar;¹⁶ e a evolução da vida em cometas que continham materiais orgânicos provenientes de poeira interestelar.¹⁷

Mesmo que fossem conhecidas as condições em que a vida se originou, essa informação não esclareceria a natureza da vida. Supondo, por exemplo, que se pudesse demonstrar que os primeiros organismos vivos surgiram a partir de agregados químicos não vivos ou de «hiperciclos» de processos químicos¹⁸ num caldo primordial, isso não provaria que eram inteiramente mecanicistas.

Os organicistas argumentariam que novas propriedades orgânicas emergiram no primeiro sistema vivo precisamente quando este ganhou vida. Os mesmos argumentos se aplicariam mesmo que organismos vivos viessem a ser sintetizados artificialmente a partir de substâncias químicas num tubo de ensaio.

6. Mentes

A teoria mecanicista postula que todos os fenômenos da vida, incluindo o comportamento humano, podem, em princípio, ser explicados em termos da física. Constitui uma forma de materialismo ou fisicalismo: a teoria segundo a qual apenas existem coisas materiais ou físicas; estas constituem a única realidade. O materialismo opõe-se à concepção mais próxima do senso comum segundo a qual as mentes afetam os corpos e são capazes de interagir com eles.¹⁹

O materialismo depara-se desde logo com problemas lógicos: tentar explicar a atividade mental em termos da ciência física é circular, porque a própria ciência depende da atividade mental.²⁰ Este problema tornou-se evidente na física moderna em relação ao papel do observador nos processos de medição física; os princípios da física «não podem sequer ser formulados sem referência — ainda que, nalgumas versões, apenas implícita — às impressões e, portanto, às mentes dos observadores» (Bernard d’Espagnat).²¹ Uma vez que a física pressupõe a existência das mentes dos observadores, essas mentes não podem ser explicadas em termos da física.²²

Entre os filósofos materialistas da mente, a posição mais extrema recebe o nome de materialismo eliminativista. Esta filosofia afirma que as crenças e os sentimentos não possuem uma definição coerente nem desempenham qualquer papel na compreensão científica do cérebro. A neurociência do futuro não terá necessidade de conceitos ultrapassados como crenças e

sentimentos; estes juntar-se-ão a conceitos anteriormente abandonados, como o flogisto e as forças vitais. As mentes serão inteiramente explicadas em termos da atividade objetivamente mensurável do sistema nervoso.²³

Outra abordagem materialista ao problema da consciência consiste em admitir que esta existe, negando, porém, que produza qualquer efeito. Esta perspectiva é denominada epifenomenalismo: a tese segundo a qual «os acontecimentos mentais são causados por acontecimentos físicos no cérebro, embora os próprios acontecimentos mentais não causem coisa alguma».²⁴ Como afirmou o filósofo Alex Hyslop:

O argumento a favor do epifenomenalismo é o argumento a favor do materialismo, juntamente com o argumento contra o materialismo. O argumento a favor do materialismo é o argumento proveniente da ciência, de uma ciência triunfante ou, pelo menos, em triunfo contínuo. O argumento contra o materialismo é que existem características da nossa experiência consciente que não são explicadas pela ciência.²⁵

Na psicologia, a ciência da mente, existem diferentes escolas de pensamento acerca da relação entre a mente e o corpo. A solução materialista mais extrema consiste em negar a realidade da mente e pressupor que apenas o corpo é real. Esta foi a abordagem da escola behaviorista, que dominou a psicologia académica durante grande parte do século XX. Os behavioristas limitaram a sua atenção ao comportamento objetivamente observável e ignoraram a existência da consciência.²⁶ Contudo, o behaviorismo não era uma

hipótese científica testável; era uma metodologia.²⁷ Encontra-se atualmente fora de moda na psicologia acadêmica, tendo sido em grande medida substituído pela psicologia cognitiva.

Tal como o behaviorismo, a psicologia cognitiva rejeita a introspeção, mas admite a existência de estados mentais internos, como crenças, desejos e motivações. A sua metáfora dominante é a do computador. A atividade mental é concebida como «processamento de informação». No entanto, as limitações da metáfora computacional tornam-se cada vez mais evidentes, sobretudo devido ao novo reconhecimento do papel das emoções²⁸ e à admissão de que as mentes são corporizadas e se relacionam ativamente com o ambiente.²⁹

Na década de 1990, o filósofo David Chalmers estabeleceu uma distinção entre aquilo a que chamou os «problemas fáceis» da consciência — como encontrar os correlatos neuronais das sensações, por exemplo, quais as regiões do cérebro que se tornam ativas durante a perceção visual de objetos em movimento — e o «problema difícil». O problema difícil é o seguinte: «Por que razão existe sequer consciência da informação sensorial?» Existe uma distinção radical entre a biologia do cérebro e a experiência mental, que inclui a experiência de qualidades, como o vermelho. Os filósofos da mente chamam *qualia* a estas experiências subjetivas. Chalmers defende que, para se levar a consciência a sério, é necessário ultrapassar um enquadramento estritamente materialista.³⁰

Ao contrário das psicologias materialistas predominantes nas instituições acadêmicas, outras escolas de psicologia tomam a experiência subjetiva como ponto de partida, reconhecendo também que nem toda a atividade mental é consciente: muitos aspetos do comportamento e da experiência subjetiva dependem da mente subconsciente ou inconsciente.

A mente inconsciente poderá igualmente possuir propriedades que desafiam uma explicação mecanicista. Por exemplo, na elaboração deste conceito por Carl Jung, o inconsciente não se limita às mentes individuais, mas proporciona um substrato comum partilhado por todas as mentes humanas: o inconsciente coletivo.

Para além da nossa consciência imediata, que é de natureza inteiramente pessoal e que acreditamos constituir a única psique empírica — ainda que lhe acrescentemos o inconsciente pessoal como apêndice —, existe um segundo sistema psíquico de natureza coletiva, universal e impessoal, idêntico em todos os indivíduos. Este inconsciente coletivo não se desenvolve individualmente, mas é herdado. É constituído por formas preexistentes, os arquétipos, que só secundariamente podem tornar-se conscientes e que conferem uma forma definida a determinados conteúdos psíquicos.³¹

Jung procurou explicar fisicamente a herança do inconsciente coletivo, sugerindo que as formas arquetípicas estavam «presentes no plasma germinativo».³² Contudo, é duvidoso que algo dotado das propriedades das formas arquetípicas possa ser herdado quimicamente através da estrutura do ADN, ou de qualquer outra

estrutura física ou química presente nos espermatozoides ou nos óvulos. Na verdade, a ideia do inconsciente coletivo faz pouco sentido no contexto da atual biologia mecanicista, independentemente dos méritos que possa possuir enquanto teoria psicológica.

Contudo, não existe nenhuma razão *a priori* para que as teorias psicológicas tenham de se limitar ao enquadramento da teoria mecanicista. Os fenómenos mentais não precisam necessariamente de depender das leis conhecidas da física; poderão depender de princípios ainda não reconhecidos pela ciência.

7. Parapsicologia

Em todas as sociedades tradicionais se contam histórias de homens e mulheres com poderes aparentemente miraculosos, e todas as religiões reconhecem a existência de tais poderes. Em muitas regiões do mundo, diversas capacidades psíquicas são cultivadas no interior de sistemas como o xamanismo, a feitiçaria, o ioga tântrico e o espiritismo.

Mesmo nas sociedades ocidentais modernas persistem relatos de fenómenos inexplicados, como a telepatia, a clarividência, a precognição, as memórias de vidas passadas, as assombrações, os poltergeists, a psicocinesia e outros fenómenos semelhantes. Os inquéritos mostram que a forma mais comum de telepatia ocorre em associação com a tecnologia, nomeadamente a telepatia

telefónica, através da qual as pessoas pensam em alguém sem razão reconhecível e essa pessoa lhes telefona pouco depois.³³

Embora os cétricos dogmáticos rejeitem liminarmente todos estes indícios,³⁴ permanece em aberto a possibilidade de pelo menos alguns destes acontecimentos ocorrerem realmente. A questão só pode ser respondida depois de se examinarem os indícios disponíveis.

O estudo científico dos fenómenos alegadamente psíquicos decorre há mais de um século. Os investigadores deste domínio da pesquisa psíquica descobriram alguns casos de fraude e verificaram que certos acontecimentos aparentemente paranormais podem, de facto, ser explicados por causas normais. No entanto, continua a existir um vasto conjunto de indícios que parece desafiar qualquer explicação baseada nos princípios físicos conhecidos.³⁵ Numerosas experiências destinadas a testar a chamada percepção extrassensorial produziram resultados positivos cuja probabilidade de resultarem de meras coincidências aleatórias seria de uma contra milhares, milhões ou mesmo milhares de milhões.³⁶

Na medida em que estes fenómenos não podem ser explicados pelas leis conhecidas da física e da química, do ponto de vista mecanicista não deveriam ocorrer.³⁷ Contudo, se ocorrerem, existem duas abordagens possíveis.

A primeira consiste em supor que dependem de fatores causais não físicos ou de princípios de conexão.³⁸ A segunda parte do

pressuposto de que dependem de leis físicas ainda desconhecidas ou de extensões da teoria quântica,³⁹ por exemplo, postulando que os estados mentais desempenham um papel na determinação dos resultados de processos probabilísticos de transformação física.⁴⁰

8. Conclusões

Esta breve análise dos problemas ainda não resolvidos da biologia oferece poucas razões para esperar que todos eles possam ser solucionados através de uma abordagem exclusivamente mecanicista. No caso da morfogénese e do comportamento animal, a questão permanece em aberto.

Os problemas da evolução e da origem da vida são insolúveis *per se* e não permitem decidir entre a teoria mecanicista e outras teorias possíveis da vida. A teoria mecanicista depara-se com sérias dificuldades filosóficas relacionadas com os limites da explicação física; no domínio da psicologia, conduz a problemas aparentemente insolúveis; e entra em conflito com os indícios existentes em favor dos fenómenos parapsicológicos.

No capítulo seguinte, serão analisadas as perspectivas de versões aperfeiçoadas das teorias mecanicista, vitalista e organísmica. O ponto de partida será a morfogénese.

CAPÍTULO 2

Três Teorias da Morfogénese

1. Investigação Descritiva e Experimental

O desenvolvimento pode ser descrito de muitas maneiras: a forma externa do animal ou da planta em desenvolvimento pode ser desenhada, fotografada ou filmada, proporcionando uma série de imagens da transformação da sua morfologia; a sua estrutura interna, incluindo a anatomia microscópica, pode ser descrita em estádios sucessivos (Fig. 3); podem medir-se alterações de grandezas físicas, como o peso, o volume e a taxa de consumo de oxigénio; e podem analisar-se alterações da composição química tanto do sistema no seu conjunto como de determinadas regiões no seu interior.

O aperfeiçoamento progressivo das técnicas permite que estas descrições sejam realizadas com um grau de pormenor cada vez maior. Por exemplo, o microscópio eletrónico permite estudar os processos de diferenciação celular com uma resolução muito superior à do microscópio ótico, tornando visíveis numerosas estruturas novas; os métodos analíticos sensíveis da biologia molecular moderna permitem medir, em amostras de tecido muito pequenas, alterações nas concentrações de moléculas específicas, incluindo proteínas e ácidos nucleicos; através de isótopos

radioativos ou anticorpos fluorescentes, as estruturas químicas podem ser «marcadas» e «seguidas» à medida que o sistema se desenvolve; e as técnicas que induzem alterações genéticas em algumas células dos embriões permitem identificar os seus descendentes geneticamente «marcados» e «cartografar» o respetivo destino.

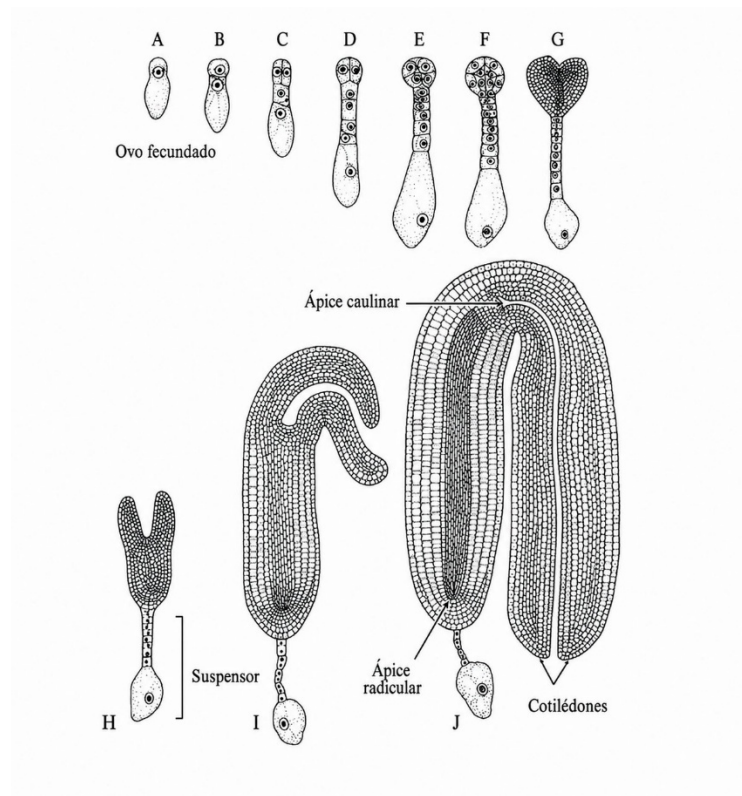


Figura 3 — Estádios do desenvolvimento do embrião da planta bolsa-de-pastor, *Capsella bursa-pastoris*. (Adaptado de Maheshwari, 1950.)

A maior parte da investigação em biologia celular e do desenvolvimento ocupa-se da elaboração de descrições factuais através destas técnicas. Essas descrições são depois classificadas e comparadas, de modo a determinar como diferentes tipos de alteração se correlacionam no interior de determinado sistema e de que maneira diferentes sistemas se assemelham entre si.

Estes resultados puramente descritivos não podem, por si mesmos, conduzir a uma compreensão das causas do desenvolvimento, embora possam sugerir hipóteses.¹ Estas poderão então ser investigadas por meio de perturbações experimentais do desenvolvimento: por exemplo, o ambiente pode ser modificado; estímulos físicos ou químicos podem ser aplicados em pontos específicos, sobre o sistema ou no seu interior; partes do sistema podem ser removidas e o seu desenvolvimento estudado isoladamente; pode observar-se a reação do sistema à remoção de partes; e os efeitos da combinação de diferentes partes podem ser estudados através de enxertos e transplantes.

Os principais problemas suscitados por este tipo de investigação foram resumidos na Secção 2 do Capítulo 1: o desenvolvimento biológico envolve um aumento da complexidade da forma e da organização que não pode ser explicado como o simples desdobramento de uma estrutura preformada, mas invisível; muitos sistemas em desenvolvimento possuem capacidade de regulação, isto é, conseguem produzir uma estrutura mais ou menos normal se uma parte do sistema for destruída ou removida numa fase suficientemente inicial; muitos sistemas conseguem regenerar ou substituir partes em falta; e, na reprodução vegetativa e sexual, novos organismos formam-se a partir de partes separadas dos organismos progenitores.

Uma outra generalização importante é que, nos sistemas em desenvolvimento, o destino das células e dos tecidos é determinado pela posição que ocupam no interior do sistema.

As teorias mecanicista, vitalista e organísmica partem todas deste conjunto estabelecido de factos, acerca do qual existe consenso geral, mas diferem radicalmente nas suas interpretações.

2. Mecanicismo

A moderna teoria mecanicista da morfogénese atribui ao ADN um papel de importância primordial, por quatro razões principais.

Em primeiro lugar, verificou-se que muitos casos de diferenças hereditárias entre animais ou plantas de uma determinada espécie dependem de genes, os quais podem ser «cartografados» e localizados em posições específicas de determinados cromossomas.

Em segundo lugar, sabe-se que a base química dos genes é o ADN e que a sua especificidade depende da sequência das bases púricas e pirimídicas presentes no ADN.

Em terceiro lugar, conhece-se o modo como o ADN pode atuar enquanto base química da hereditariedade: por um lado, serve de molde para a sua própria replicação, devido à especificidade do emparelhamento das bases nas suas duas cadeias complementares; por outro, serve de molde para a sequência dos aminoácidos nas proteínas. Contudo, não desempenha diretamente esta última função. Primeiro, uma das suas cadeias é «transcrita», dando origem a uma molécula monocatenária de ARN «mensageiro», a partir da qual, durante a síntese proteica, a sequência de bases é «lida» de três em três.

Diferentes tripletos de bases especificam diferentes aminoácidos, e o código genético é, assim, «traduzido» numa sequência de aminoácidos, que se ligam entre si para formar cadeias polipeptídicas características, as quais depois se dobram e dão origem às proteínas.

Finalmente, as características de uma célula dependem das suas proteínas: o metabolismo e as capacidades de síntese química dependem das enzimas; algumas estruturas dependem de proteínas estruturais; e as propriedades da superfície que permitem que a célula seja «reconhecida» por outras células dependem de proteínas especiais presentes nessa superfície.

No quadro conceptual mecanicista, o problema central do desenvolvimento e da morfogénese é entendido como o problema do controlo da síntese proteica.

Nas bactérias, determinadas substâncias químicas chamadas indutores podem fazer com que regiões específicas do ADN sejam transcritas para ARN mensageiro, que serve depois de molde para a produção de proteínas específicas. O exemplo clássico é a indução da enzima β -galactosidase pela lactose em *Escherichia coli*. A «ativação» do gene ocorre através de um sistema complexo que envolve uma proteína repressora, a qual bloqueia a transcrição ao ligar-se a uma região específica do ADN; a tendência para o fazer diminui consideravelmente na presença do indutor químico. Através de um processo comparável, repressores químicos específicos podem «desativar» genes.

Nos animais e nas plantas, foram já identificados diversos genes do desenvolvimento envolvidos na regulação do plano corporal geral e no número, identidade e disposição das partes do corpo. Estes genes são habitualmente designados por «caixa de ferramentas genética».

A descoberta mais surpreendente da biologia do desenvolvimento na década de 1990 foi que esses genes da caixa de ferramentas são extraordinariamente semelhantes — na realidade, quase idênticos — em organismos muito diferentes. Por exemplo, os genes da família homeobox, que influenciam a organização do eixo corporal nas moscas-da-fruta, nos ratinhos e nos seres humanos, são muito semelhantes, embora as formas corporais destes organismos sejam, evidentemente, muito diferentes.

«A conservação da caixa de ferramentas genética suscita numerosas questões acerca do desenvolvimento e da evolução. Como podem desenvolver-se estruturas tão diferentes como o olho composto dos insetos e o olho dos vertebrados, dotado de cristalino, quando a sua formação é controlada por genes tão semelhantes e até funcionalmente intercambiáveis?»²

Esta convergência entre a biologia do desenvolvimento e a biologia evolutiva criou um novo domínio denominado biologia evolutiva do desenvolvimento, ou, de forma abreviada, «evo-devo».

A maioria dos genes da caixa de ferramentas codifica proteínas que afetam a atividade de outros genes envolvidos no processo de desenvolvimento e que fazem parte de «vias de sinalização». Alguns codificam proteínas recetoras situadas na superfície das células, às quais se ligam moléculas específicas que atuam como sinais.

Nos primeiros tempos da biologia molecular, o quadro parecia simples e direto: um gene era transcrito numa molécula de ARN mensageiro, que codificava uma proteína. Contudo, o quadro tornou-se mais complexo. O ARN mensageiro pode ser constituído por segmentos transcritos de diferentes regiões do ADN, posteriormente unidos de uma forma específica. Além disso, a síntese proteica também é controlada ao «nível da tradução»; diversos fatores podem «ativar» ou «desativar» a síntese de proteínas, mesmo na presença do ARN mensageiro apropriado.

As diferentes proteínas produzidas pelos diferentes tipos de células dependem, portanto, do modo como a síntese proteica é controlada. A única forma de compreender mecanicisticamente este processo é em termos das influências físicas e químicas exercidas sobre as células; os padrões de diferenciação terão, por conseguinte, de depender de padrões físicos e químicos existentes no tecido.

Entre estes encontram-se gradientes de concentração de substâncias químicas específicas chamadas morfogénios; sistemas de «reação-difusão» com retroação química; gradientes elétricos;

oscilações elétricas ou químicas; contatos mecânicos entre células; ou diversos outros fatores e combinações entre eles.

As células terão então de responder a estas diferenças de maneiras características. Uma forma de conceber o problema consiste em considerar que estes fatores físicos ou químicos fornecem «informação posicional», que as células «interpretam» de acordo com o seu programa genético, «ativando» a síntese de determinadas proteínas.³

Estes diversos aspetos do problema central do controlo da síntese proteica são atualmente objeto de investigação ativa. A maioria dos biólogos espera que a resolução deste problema proporcione, ou pelo menos abra caminho, para uma explicação da morfogénese em termos puramente mecanicistas.

Para avaliar se tal explicação mecanicista é provável, ou sequer possível, é necessário considerar, uma a uma, várias dificuldades:

(i) O alcance explicativo do ADN e da síntese de proteínas específicas encontra-se severamente limitado pelo facto de o ADN e as proteínas de espécies diferentes poderem ser muito semelhantes.

Por exemplo, numa comparação detalhada entre proteínas humanas e proteínas de chimpanzé, muitas são idênticas e outras diferem apenas ligeiramente:

«A sequenciação de aminoácidos e os métodos imunológicos e eletroforéticos fornecem estimativas concordantes da semelhança genética. Todas estas abordagens indicam que o polipeptídeo humano médio é mais de 99 por cento idêntico ao seu equivalente no chimpanzé.»⁴

As comparações entre as chamadas sequências não repetitivas do ADN — isto é, as partes que se considera terem significado genético — mostram que a diferença global entre as sequências de ADN dos seres humanos e dos chimpanzés é de apenas 1,1 por cento.

Agora que ambos os genomas foram sequenciados, são possíveis comparações ainda mais detalhadas. Contudo, como observou Svante Pääbo, diretor do projeto do genoma do chimpanzé: «Não conseguimos perceber, a partir disto, por que razão somos tão diferentes dos chimpanzés.»⁵

Comparações entre espécies estreitamente aparentadas do género *Drosophila* revelaram diferenças maiores entre essas espécies de mosca-da-fruta do que entre seres humanos e chimpanzés. Diferentes espécies de ratinhos também são mais distintas entre si do que os seres humanos e os chimpanzés, conduzindo à conclusão de que «os contrastes entre a evolução dos organismos e a evolução molecular indicam que os dois processos são, em grande medida, independentes um do outro».⁶

Se os genes e as proteínas não explicam as diferenças entre os chimpanzés e nós, então o que as explica?

Contudo, deixando de lado todos estes problemas, suponhamos, para efeitos de argumentação, que as diferenças hereditárias entre chimpanzés e seres humanos serão efetivamente explicadas em termos de pequenas alterações na estrutura das proteínas, de um pequeno número de proteínas diferentes, de alterações genéticas que afetam o controlo da síntese proteica — talvez dependendo, em certa medida, de diferenças na disposição do ADN no interior dos cromossomas — ou de combinações destes fatores.

(ii) No interior do mesmo organismo, ocorrem diferentes padrões de desenvolvimento enquanto o ADN permanece igual.

Considere-se, por exemplo, os braços e as pernas: ambos contêm tipos celulares idênticos — células musculares, células do tecido conjuntivo, etc. —, com proteínas idênticas e ADN idêntico. Por conseguinte, as diferenças entre os braços e as pernas não podem ser atribuídas ao ADN *per se*; terão de ser atribuídas a fatores determinantes do padrão que atuam de forma diferente no desenvolvimento dos braços e das pernas.

Esses fatores também dão origem a padrões especulares nos braços e pernas direitos e esquerdos. A precisão com que os tecidos se dispõem — por exemplo, a ligação dos tendões às regiões corretas dos ossos — mostra que estes padrões são estabelecidos com grande pormenor e exatidão.

A teoria mecanicista da vida exige que estes fatores sejam considerados físicos ou químicos, mas a sua natureza permanece desconhecida.

(iii) Mesmo que sejam identificados fatores físicos ou químicos que afetam o crescimento de um braço, a formação de um olho ou o desenvolvimento de uma maçã, coloca-se a questão de saber como esses próprios fatores adquirem, em primeiro lugar, a sua organização espacial.

Este problema pode ser ilustrado através de dois casos em que morfogénios químicos foram efetivamente isolados e identificados quimicamente.

Em primeiro lugar, nos mixomicetos celulares, células ameboides de vida livre agregam-se, sob determinadas condições, para formar uma «lesma» que, depois de se deslocar durante algum tempo, cresce verticalmente e se diferencia num pedúnculo que sustenta uma massa de esporos (Fig. 4).

A agregação destas células depende de uma substância química relativamente simples, o AMP cíclico — monofosfato de adenosina 3',5'.

Contudo, no organismo composto, embora a distribuição do AMP cíclico esteja relacionada com o padrão de diferenciação, «não é claro se o padrão do AMP cíclico é causa ou consequência

da diferenciação entre as regiões precursoras do pedúnculo e dos esporos».

Além disso, mesmo que desempenhe um papel causal na diferenciação, o AMP cíclico não pode, por si mesmo, explicar o padrão segundo o qual se distribui, nem o facto de esse padrão variar de espécie para espécie: outros fatores terão de ser responsáveis pela sua distribuição organizada. Existe uma grande diversidade de opiniões acerca da possível natureza desses fatores.⁷

Em segundo lugar, sabe-se que, nas plantas superiores, a hormona auxina — ácido indol-3-acético — desempenha um papel no controlo da diferenciação vascular, como acontece na formação das células da madeira, ou xilema.

Mas o que controla, então, a produção e a distribuição da auxina? A resposta parece ser: a própria diferenciação vascular.

A auxina é provavelmente libertada pelas células do xilema em diferenciação como subproduto da degradação proteica que ocorre quando essas células se autodestroem. O sistema é, portanto, circular: a auxina ajuda a manter os padrões de diferenciação, mas não explica como estes se estabelecem inicialmente.⁸

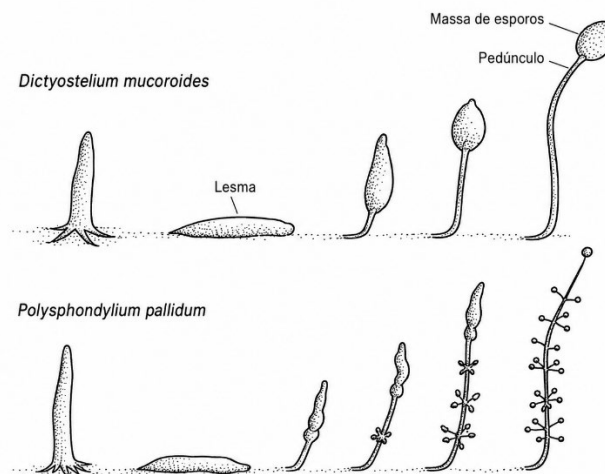


Figura 4 — Estádios de migração e culminação de duas espécies de mixomicetos. À esquerda encontram-se os organismos compostos recém-formados, resultantes da agregação de numerosas células ameboides de vida livre. Estes organismos migram como «lesmas» e depois crescem verticalmente, diferenciando-se em pedúnculos que sustentam corpos de esporos. (Adaptado de Bonner, 1958.)

Contudo, suponhamos, para efeitos de argumentação, que seja possível identificar fatores físicos preexistentes que estabeleçam o padrão de distribuição da auxina, do AMP cíclico ou de outros morfogénios químicos. Suponhamos também que possam ser identificados os modos como esses fatores controladores são, por sua vez, controlados, numa sequência que remonte ao ovo fecundado ou ao esporo a partir do qual o organismo se desenvolveu.

Surge então o problema da regulação: se uma parte do sistema for removida, esta complicada sequência de padrões físico-químicos terá necessariamente de ser perturbada. No entanto, de algum modo, as partes restantes do embrião conseguem alterar o seu percurso habitual de desenvolvimento e produzir um adulto mais ou menos normal.

Existe um consenso geral de que este problema é extremamente difícil; está longe de ser compreendido, mesmo nas suas linhas gerais. Os defensores da teoria mecanicista esperam que possa ser resolvido através de um trabalho minucioso e prolongado, acompanhado de modelação matemática. Suponhamos, mais uma vez, que é possível alcançar uma solução mecanicista.

(iv) O problema seguinte consiste em saber como esta «informação posicional» produz os seus efeitos.

A possibilidade mais simples é que a «informação posicional» seja especificada por um gradiente de concentração de determinado morfogénio, e que as células expostas a uma concentração acima de certo limiar sintetizem um conjunto de proteínas, enquanto as células expostas a concentrações abaixo desse limiar sintetizem outro conjunto.

Suponhamos, novamente, que os mecanismos através dos quais a «informação posicional» pode ser «interpretada» sejam identificados e descritos em pormenor.⁹ No fim desta cadeia de pressupostos extremamente otimistas, chegamos à situação em que diferentes células, dispostas segundo um padrão apropriado, produzem diferentes proteínas.



Até aqui, existiu uma sequência de relações biunívocas: um gene é «ativado» por um estímulo específico; o ADN é transcrito para ARN; e o ARN é traduzido numa determinada sequência de aminoácidos, formando uma cadeia polipeptídica.

Contudo, neste ponto, essa sequência causal simples chega ao fim. Como se dobram as cadeias polipeptídicas até adquirirem as estruturas tridimensionais características das proteínas? Como conferem as proteínas às células as suas estruturas características? Como se agregam as células para formar tecidos dotados de estruturas características? E assim sucessivamente.

Estes são os problemas da morfogénese propriamente dita: a síntese de cadeias polipeptídicas específicas fornece a base da maquinaria metabólica e os materiais estruturais de que depende a morfogénese.

As cadeias polipeptídicas e as proteínas em que estas se dobram são, sem dúvida, necessárias à morfogénese; mas o que determina efetivamente os padrões e as estruturas segundo os quais as proteínas, as células e os tecidos se combinam?

Os mecanicistas pressupõem que tudo isto pode ser explicado em termos de auto-organização por montagem espontânea. A morfogénese ocorre espontaneamente desde que as proteínas certas estejam nos lugares certos, nos momentos certos e na sequência certa.

Isto equivale, em certa medida, a afirmar que uma casa pode construir-se espontaneamente, desde que os materiais de construção adequados sejam entregues no estaleiro nos momentos apropriados. Neste ponto crucial, a biologia abdica efetivamente da explicação, deixando o problema da morfogénese entregue a processos físicos e químicos espontâneos.

Na analogia do estaleiro, para além dos materiais iniciais, são necessários os construtores e uma planta segundo a qual estes trabalham. Em contrapartida, a morfogénese teria de depender de processos físicos espontâneos, impulsionados por fluxos espontâneos de energia, e os sistemas teriam de se auto-organizar.

Mas como?

O dobramento das proteínas constitui um bom exemplo. Em condições adequadas, as cadeias polipeptídicas dobram-se espontaneamente e dão origem a proteínas dotadas de estruturas tridimensionais características. Algumas proteínas podem ser levadas a desdobrar-se e, depois, mediante uma alteração das condições, voltar a dobrar-se em tubos de ensaio. Assim, o dobramento das proteínas não depende de qualquer propriedade misteriosa das células vivas.

As subunidades proteicas podem agregar-se em condições laboratoriais e formar estruturas normalmente produzidas no interior das células vivas. Por exemplo, subunidades da proteína

tubulina unem-se e formam longas estruturas semelhantes a bastonetes, chamadas microtúbulos.¹⁰

Estruturas ainda mais complexas, como os ribossomas, formam-se através da agregação espontânea de diversos componentes proteicos e de ARN. As moléculas lipídicas podem igualmente reunir-se em tubos de ensaio e formar estruturas semelhantes a membranas.

Na medida em que estas estruturas se formam através de montagem espontânea, assemelham-se a cristais; muitas delas podem, de facto, ser consideradas cristalinas ou quase cristalinas. Em princípio, portanto, não colocam um problema maior nem menor do que a cristalização normal; pode pressupor-se que estão em ação tipos semelhantes de processos físicos.

Ainda assim, nem todos os processos morfogenéticos podem ser considerados formas de cristalização. Terão de envolver diversos outros fatores físicos; por exemplo, as forças de tensão superficial deverão influenciar as formas assumidas pelas membranas.

Além disso, alguns padrões poderão surgir a partir de flutuações estatisticamente aleatórias. Exemplos simples do aparecimento de «ordem através de flutuações» foram estudados, em sistemas inorgânicos, do ponto de vista da termodinâmica irreversível ou de não equilíbrio.¹¹ Alguns processos de formação de padrões podem ser modelados matematicamente através da teoria dos sistemas complexos.¹²

Contudo, a teoria mecanicista não se limita a sugerir que os processos físicos desempenham um papel na morfogénese; afirma que a morfogénese é inteiramente explicável em termos da física.

O que significa isto?

Se tudo aquilo que é observável for definido como fisicamente explicável em princípio, simplesmente porque acontece, então terá necessariamente de o ser por definição. Contudo, isso não significa que possa ser explicado através das leis conhecidas da física.

No que respeita à morfogénese biológica, uma explicação completa seria alcançada se um biólogo, dispondo da sequência integral do genoma de um organismo, de uma descrição pormenorizada do estado físico e químico do ovo fecundado e do ambiente em que este se desenvolveu, pudesse prever, com base nas leis fundamentais da física — por exemplo, a teoria quântica de campos, as equações do eletromagnetismo, a segunda lei da termodinâmica, etc.:

- em primeiro lugar, a estrutura tridimensional de todas as proteínas que o organismo viria a produzir;
- em segundo lugar, as propriedades enzimáticas e outras propriedades dessas proteínas;
- em terceiro lugar, todo o metabolismo do organismo;

- em quarto lugar, a natureza e as consequências de todos os tipos de informação posicional que surgiriam durante o seu desenvolvimento;
- em quinto lugar, a estrutura das suas células, tecidos e órgãos e a forma do organismo no seu conjunto;
- e, finalmente, no caso de um animal, o seu comportamento instintivo.

Se todas estas previsões pudessem ser formuladas com êxito e se, além disso, o curso dos processos de regulação e regeneração também pudesse ser previsto *a priori*, isso constituiria efetivamente uma demonstração conclusiva de que os organismos vivos são plenamente explicáveis em termos das leis conhecidas da física.

Como afirmou T. H. Huxley em 1867:

«O objetivo último da fisiologia é deduzir, por um lado, os factos da morfologia e, por outro, os da ecologia, a partir das leis das forças moleculares da matéria.»¹³ (Secção 1 do Capítulo 1)

Evidentemente, isto não podia ser feito no século XIX, nem pode ser feito hoje, apesar de todas as descobertas da biologia molecular e das centenas de milhares de milhões de dólares nela investidos.

Não existe, portanto, qualquer forma de demonstrar que tal explicação é possível. Talvez não seja.

Assim, quando a teoria mecanicista afirma que todos os fenómenos da morfogénese podem, em princípio, ser explicados através das leis conhecidas da física, poderá muito bem estar errada: atualmente, compreende-se tão pouco que não parecem existir fundamentos sólidos para uma crença firme na capacidade dessas leis para explicar todos os fenómenos.

Pelo menos, porém, esta é uma teoria testável; seria refutada pela descoberta de uma nova lei da física.

Se, por outro lado, a teoria mecanicista afirmar que os organismos vivos obedecem tanto a leis conhecidas como a leis ainda desconhecidas da natureza, tornar-se-á irrefutável; não passará de uma declaração geral de fé na possibilidade de explicação. Não se oporia então ao organicismo nem ao vitalismo; incluiria ambos.

Na prática, a teoria mecanicista da vida não é tratada como uma teoria científica rigorosamente definida e refutável. Serve, antes, para justificar o método conservador de trabalhar no interior do quadro conceptual estabelecido pela física e pela química existentes.

Embora seja geralmente entendida como significando que os organismos vivos são, em princípio, plenamente explicáveis pelas leis conhecidas da física, se fosse descoberta uma nova lei física, a teoria mecanicista poderia ser facilmente modificada para a incluir.

Saber se esta teoria modificada da vida continuaria ou não a chamar-se mecanicista seria uma questão de definição.

Quando tão pouco se compreende acerca dos fenómenos da morfogénese e do comportamento, não pode excluir-se a possibilidade de pelo menos alguns deles dependerem de um ou mais fatores causais ainda não reconhecidos pela física.

Na abordagem mecanicista, esta questão é simplesmente posta de lado. No entanto, permanece inteiramente em aberto.

3. Vitalismo

O vitalismo sustenta que os fenómenos da vida não podem ser plenamente compreendidos em termos de leis físicas derivadas apenas do estudo de sistemas inanimados, e que nos organismos vivos atua um fator causal adicional.

Uma formulação típica da posição vitalista do século XIX foi apresentada pelo químico Liebig em 1844. Este argumentou que, embora os químicos já fossem capazes de produzir todo o tipo de substâncias orgânicas, e viessem no futuro a produzir muitas mais, a química nunca conseguiria criar um olho ou uma folha.

Para além das causas reconhecidas do calor, da afinidade química e da força formativa da coesão e da cristalização, «nos corpos vivos acrescenta-se ainda uma quarta causa, que domina a força de coesão e combina os elementos em novas formas, de modo

que estes adquirem novas qualidades — formas e qualidades que só se manifestam no organismo». ¹⁴

Embora muito difundidas, ideias deste género eram demasiado vagas para constituírem uma alternativa eficaz à teoria mecanicista. Só no início do século XX foram elaboradas, com algum pormenor, teorias neovitalistas. No que respeita à morfogénese, a mais importante foi a do embriologista Hans Driesch.

Driesch não negava que muitas características dos organismos vivos pudessem ser compreendidas em termos físico-químicos. Conhecia bem as descobertas da fisiologia e da bioquímica, assim como o potencial de futuras descobertas:

«No organismo encontram-se muitos compostos químicos específicos, pertencentes às diferentes classes do sistema químico, alguns dos quais são conhecidos na sua constituição, enquanto outros permanecem desconhecidos. Mas aqueles que ainda não são conhecidos provavelmente sê-lo-ão num futuro próximo, e não existe certamente qualquer impossibilidade teórica em descobrir a constituição da albumina [proteína] e o modo de a “produzir”.» ¹⁵

Driesch sabia que as enzimas — então chamadas «fermentos» — catalisavam reações bioquímicas e podiam fazê-lo em tubos de ensaio:

«Nada impede que consideremos quase todos os processos metabólicos no interior do organismo como resultantes da intervenção de fermentos ou materiais catalíticos, sendo a única

diferença entre os fermentos inorgânicos e orgânicos o caráter extremamente complexo destes últimos e o elevadíssimo grau da sua especificidade.»¹⁶

Sabia que os genes mendelianos eram entidades materiais localizadas nos cromossomas e que provavelmente consistiam em compostos químicos dotados de uma estrutura específica.¹⁷

Considerava que muitos aspetos da regulação metabólica e da adaptação fisiológica poderiam ser compreendidos em termos físico-químicos¹⁸ e que existiam, em geral, «muitos processos no organismo [...] que se orientam para determinados resultados, apesar de operarem sobre uma base fixa semelhante à de uma máquina».¹⁹

As suas opiniões nestes domínios foram confirmadas pelos desenvolvimentos posteriores da fisiologia, da bioquímica e da biologia molecular. Evidentemente, Driesch não poderia ter antecipado os pormenores dessas descobertas, mas considerava-as possíveis e de modo algum incompatíveis com o vitalismo.

No que respeita à morfogénese, sustentava que «deve admitir-se que uma máquina, no sentido comum do termo, poderia perfeitamente constituir a força motriz da organogénese em geral, se apenas existisse desenvolvimento normal, isto é, não perturbado, e se a remoção de partes do sistema conduzisse a um desenvolvimento fragmentário».²⁰

Na realidade, porém, em muitos sistemas embrionários, a remoção de uma parte do embrião é seguida por um processo de regulação, através do qual os tecidos restantes se reorganizam e prosseguem o desenvolvimento até produzirem um organismo adulto de forma mais ou menos normal.

A teoria mecanicista procura explicar o desenvolvimento em termos de interações físicas ou químicas complexas entre as partes do embrião.

Driesch argumentava que o facto da regulação tornava inconcebível qualquer sistema deste tipo semelhante a uma máquina, porque o sistema conseguia preservar-se como um todo e produzir um resultado final característico, ao passo que nenhum sistema tridimensional complexo, semelhante a uma máquina, poderia continuar a constituir um todo depois da remoção arbitrária de algumas das suas partes.

Pode objetar-se que este argumento já foi, ou virá em algum momento futuro a ser, invalidado pelos avanços tecnológicos. Contudo, pelo menos até agora, não parece ter sido refutado.

Por exemplo, embora alguns sistemas informáticos consigam responder adequadamente a certos tipos de perturbação funcional, fazem-no com base numa estrutura fixa. Não conseguem regenerar a própria estrutura física; se partes de um computador forem destruídas aleatoriamente, não podem ser regeneradas pela própria

máquina, nem o sistema consegue continuar a funcionar normalmente após a remoção arbitrária de componentes.

Outro produto da tecnologia moderna que poderia parecer relevante é o holograma, do qual podem ser removidas partes sem que deixe de produzir uma imagem tridimensional completa. Mas, significativamente, o holograma não é uma máquina: é um padrão de interferência num campo.

Driesch acreditava que os fenómenos da regulação, regeneração e reprodução mostravam que existia nos organismos vivos algo que permanecia inteiro, mesmo quando partes do organismo eram removidas; esse algo atuava sobre o sistema físico, embora não fizesse parte dele.

Chamou a esse fator causal não físico **enteléquia**.

Postulou que a enteléquia organizava e controlava os processos físico-químicos durante a morfogénese. Os genes eram responsáveis por fornecer os meios materiais da morfogénese — as substâncias químicas que teriam de ser ordenadas —, mas a própria ordenação era realizada pela enteléquia.

Era evidente que a morfogénese poderia ser afetada por alterações genéticas que modificassem os seus meios materiais; contudo, isso não provaria que pudesse ser explicada unicamente em termos dos genes e das substâncias químicas que estes produziam.

Do mesmo modo, o sistema nervoso fornecia os meios necessários às ações de um animal, mas a enteléquia organizava a atividade do cérebro, utilizando-o como instrumento, tal como um pianista toca um piano.

Também neste caso, o comportamento pode ser afetado por lesões cerebrais, assim como a música tocada pelo pianista é afetada por danos no piano; mas isso apenas prova que o cérebro é um meio necessário ao comportamento, tal como o piano é um meio necessário ao pianista.

Enteléquia é uma palavra grega cuja derivação — *en-telos* — indica algo que contém em si o seu fim ou objetivo; «contém» o objetivo para o qual se orienta o sistema sob o seu controlo.

Assim, se um percurso normal de desenvolvimento for perturbado, o sistema poderá alcançar o mesmo objetivo através de uma via diferente.

Driesch considerava que o desenvolvimento e o comportamento se encontravam sob o controlo de uma hierarquia de enteléquias, todas elas, em última análise, derivadas da enteléquia global do organismo e subordinadas a ela.²¹

Como em qualquer sistema hierárquico, por exemplo um exército, são possíveis erros, e as enteléquias poderiam comportar-se de forma «estúpida», como acontece nos casos de super-regeneração, em que se produz um órgão supérfluo.²²

Contudo, tais comportamentos estúpidos não refutam a existência da enteléquia, tal como os erros militares não refutam que os soldados sejam seres inteligentes.

Driesch descrevia a enteléquia como uma «multiplicidade intensiva», um fator causal não espacial que, ainda assim, atuava no espaço.

Sublinhava que se tratava de um fator natural — por oposição a metafísico ou místico — que atuava sobre processos físico-químicos. Não era uma forma de energia e a sua ação não contradizia a segunda lei da termodinâmica nem a lei da conservação da energia.

Mas como atuava?

Driesch escreveu durante a era da física clássica, quando se acreditava geralmente que todos os processos físicos eram plenamente deterministas e, em princípio, inteiramente previsíveis em termos de energia, quantidade de movimento, etc.

Contudo, considerava que os processos físicos não poderiam ser inteiramente determinados, pois, nesse caso, a enteléquia não energética não poderia atuar sobre eles.

Concluiu, portanto, que, pelo menos nos organismos vivos, os processos microfísicos não eram inteiramente determinados pela causalidade física, embora, em média, as transformações físico-químicas obedecessem a leis estatísticas.

Sugeriu que a enteléquia atuava influenciando a temporização pormenorizada dos processos microfísicos, suspendendo-os e libertando-os dessa suspensão sempre que os seus objetivos o exigissem:

«Esta faculdade de suspensão temporária do devir inorgânico deve ser considerada a característica ontológica mais essencial da enteléquia [...] A enteléquia, segundo a nossa perspetiva, é inteiramente incapaz de remover qualquer tipo de “obstáculo” à ocorrência [...] pois tal remoção exigiria energia, e a enteléquia não é energética. Admitimos apenas que a enteléquia pode libertar para a atualidade aquilo que ela própria impediu de se atualizar, aquilo que manteve suspenso até então.»²³

Embora esta ousada proposta de indeterminismo físico no interior dos organismos vivos fosse completamente inaceitável do ponto de vista da física clássica determinista, parece muito menos extravagante à luz da teoria quântica.

Cerca de vinte anos depois das especulações de Driesch acerca do indeterminismo nos organismos vivos, Heisenberg deduziu o princípio da incerteza, e depressa se tornou claro que as posições e os momentos de ocorrência dos acontecimentos microfísicos só podiam ser previstos em termos de probabilidades.

Em 1928, o físico Sir Arthur Eddington pôde especular que a mente influenciava o corpo ao afetar a configuração dos acontecimentos quânticos no cérebro, através de uma influência causal sobre a probabilidade da sua ocorrência:

«A menos que desminta o seu próprio nome, a probabilidade pode ser modificada de maneiras que as entidades físicas comuns não permitiriam.»²⁴

Ideias comparáveis foram propostas pelo neurofisiologista Sir John Eccles, que resumiu a sua hipótese da seguinte forma:

«A hipótese neurofisiológica é que a “vontade” modifica a atividade temporal da rede neuronal ao exercer “campos de influência” espaciotemporais, que se tornam eficazes através desta função detetora singular do córtex cerebral ativo. Deve notar-se que a própria “vontade”, ou “influência mental”, possui um caráter espaciotemporal organizado, de modo a poder exercer esta eficácia operativa.»²⁵

Diversas propostas semelhantes foram apresentadas por físicos e parapsicólogos.²⁶ (Secção 7 do Capítulo 1)

Uma teoria vitalista da morfogénese pode ser resumida da seguinte forma: o genoma especifica todas as proteínas possíveis que o organismo pode produzir. Contudo, a organização das células, dos tecidos e dos órgãos, bem como a coordenação do desenvolvimento do organismo no seu conjunto, é determinada pela enteléquia.

Esta é herdada de forma não material a partir de membros anteriores da mesma espécie; não constitui uma forma de matéria ou energia, embora atue sobre os sistemas físico-químicos do organismo que se encontram sob o seu controlo.

Esta ação é possível porque a enteléquia atua influenciando processos probabilísticos.

Esta teoria está longe de ser vazia e poderia provavelmente ser testada experimentalmente; contudo, parece fundamentalmente insatisfatória pelo simples facto de ser vitalista.

Por definição, a enteléquia é essencialmente não física; mesmo que pudesse, *ex hypothesi*, atuar sobre sistemas materiais através de um conjunto de variáveis ocultas do ponto de vista da teoria quântica, continuaria a tratar-se da ação de algo não físico sobre algo físico.

O mundo físico e a enteléquia não física jamais poderiam ser explicados ou compreendidos um em termos do outro.

Este dualismo, inerente a todas as teorias vitalistas, parece particularmente arbitrário à luz da descoberta da montagem espontânea de estruturas tão complexas como os ribossomas e os vírus, o que indica uma diferença de grau, e não de natureza, relativamente à cristalização.

Embora a auto-organização dos organismos vivos no seu conjunto seja mais complexa do que a dos ribossomas ou dos vírus, existe semelhança suficiente para sugerir que também aqui se trata de uma diferença de grau. É isto, pelo menos, que mecanicistas e organicistas preferem pensar.

Talvez fosse necessário aceitar uma teoria vitalista se não fosse concebível qualquer outra explicação satisfatória dos fenómenos da vida.

No início do século XX, quando o vitalismo parecia constituir a única alternativa à teoria mecanicista, obteve um apoio considerável, apesar do seu dualismo essencial.

Contudo, a teoria organísmica integra muitos aspetos do vitalismo numa perspetiva mais ampla e, na prática, supera-o.

4. Organicismo

As teorias organísmicas da morfogénese desenvolveram-se sob diversas influências: algumas provenientes de sistemas filosóficos, sobretudo os de Alfred North Whitehead e Jan Christian Smuts; outras da física moderna, em especial do conceito de campo; outras ainda da psicologia da Gestalt, ela própria fortemente influenciada pelo conceito de campos físicos; e algumas do vitalismo de Driesch.²⁷

Estas teorias abordam os mesmos problemas que Driesch considerava insolúveis em termos mecanicistas — regulação, regeneração e reprodução —, mas, enquanto Driesch propunha a enteléquia não física para explicar as propriedades de totalidade e orientação exibidas pelos organismos em desenvolvimento, os organicistas propunham campos morfogenéticos — também chamados campos embrionários ou campos de desenvolvimento.

Esta ideia foi apresentada independentemente por Alexander Gurwitsch, na Rússia, em 1922;²⁸ (28) por Hans Spemann, na Alemanha, em 1924; e por Paul Weiss, na Áustria, em 1926.²⁹

Todos eram destacados biólogos do desenvolvimento, e Spemann recebeu o Prémio Nobel em 1935 pelo seu trabalho em embriologia.

Contudo, para além de afirmarem que os campos morfogenéticos desempenhavam um papel importante no controlo da morfogénese, nenhum deles especificou como funcionavam esses campos.

A terminologia dos campos foi rapidamente adotada por outros biólogos do desenvolvimento, mas permaneceu mal definida, embora tenha servido para sugerir analogias entre as propriedades dos organismos vivos e os sistemas eletromagnéticos inorgânicos.

Por exemplo, se um íman de ferro for cortado em duas partes, produzem-se dois ímanes completos, cada um com o seu próprio campo magnético. Se dois ímanes forem aproximados com a orientação correta, formam um único íman dotado de um campo magnético unificado.

De modo semelhante, supunha-se que o campo morfogenético explicava a «totalidade» das partes separadas dos organismos que conseguiam desenvolver-se e dar origem a novos organismos, bem como a capacidade das partes dos organismos formarem um todo unificado quando eram reunidas.

O biólogo britânico Conrad Hal Waddington propôs uma extensão da ideia de campo morfogenético que tivesse em conta o aspeto temporal do desenvolvimento.

Chamou a este novo conceito **creodo** — do grego *chre*, «é necessário», e *hodos*, «rota» ou «caminho» — e ilustrou-o através de uma simples «paisagem epigenética» tridimensional (Fig. 5).³⁰

Neste modelo, o percurso seguido pela esfera à medida que rola para baixo corresponde à história do desenvolvimento de uma determinada parte de um ovo.

À medida que a embriologia progride, os vales representam uma série ramificada de percursos alternativos. Estes correspondem às vias de desenvolvimento dos diferentes tipos de órgãos, tecidos e células.

No organismo, estas vias são claramente distintas; por exemplo, os rins e o fígado possuem estruturas definidas e não se transformam gradualmente um no outro através de uma série de formas intermédias.

O desenvolvimento é canalizado em direção a pontos finais definidos.

As alterações genéticas ou as perturbações ambientais podem desviar o curso do desenvolvimento — representado pelo percurso da esfera — do fundo do vale, empurrando-o pela encosta

adjacente. Contudo, a menos que seja empurrado para além do limiar que conduz a outro vale, o processo de desenvolvimento reencontrará o seu caminho.

Não regressará ao ponto de onde partiu, mas a uma posição posterior ao longo da via canalizada de transformação. Isto representa a regulação.

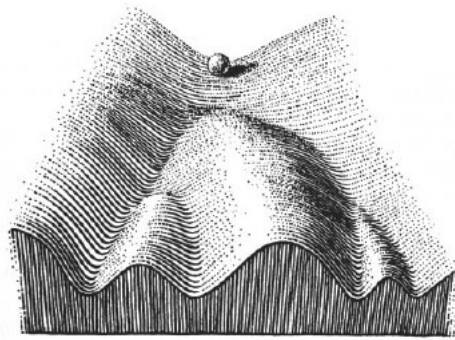


Figura 5 — Parte de uma «paisagem epigenética», ilustrando o conceito de creodo como via canalizada de transformação. (Adaptado de Waddington, 1957. Reproduzido por cortesia de George Allen & Unwin, Ltd.)

O conceito de creodo é muito semelhante ao de campo morfogenético, mas explicita a dimensão temporal que neste último permanece apenas implícita.

Ambos os conceitos foram posteriormente desenvolvidos pelo matemático René Thom, no âmbito de uma tentativa abrangente de criar uma teoria matemática que englobasse a morfogénese, o comportamento e a linguagem.³¹

A sua principal preocupação era encontrar um formalismo matemático adequado para estes problemas, que até então tinham resistido ao tratamento matemático.

O objetivo final consistia em produzir modelos matemáticos que correspondessem tão estreitamente quanto possível aos processos de desenvolvimento.

Esses modelos seriam topológicos e qualitativos, e não quantitativos, e não dependeriam de qualquer esquema específico de explicação causal:

«Uma característica essencial da utilização que fazemos de modelos locais é que esta nada implica acerca da “natureza última da realidade”; mesmo que tal natureza venha algum dia a ser revelada através de uma análise de complexidade indescritível, apenas uma parte da sua manifestação, os chamados observáveis, será, em última análise, relevante para a descrição macroscópica do sistema. O espaço de fases do nosso modelo dinâmico é definido utilizando apenas esses observáveis, sem referência a quaisquer estruturas subjacentes mais ou menos caóticas.»³²

Os modelos matemáticos de Thom eram dinâmicos no sentido matemático moderno da palavra.³³

Os sistemas dinâmicos movem-se em direção a atratores, e Thom relacionou explicitamente os seus modelos com a ideia de creodos de Waddington: fins ou objetivos para os quais os sistemas se desenvolvem.³⁴

O problema desta abordagem é o seu caráter essencialmente descritivo; pouco contribui para explicar a morfogénese.

Isto aplica-se, na verdade, a todas as teorias organísmicas existentes da morfogénese.

Compare-se, por exemplo, os atratores de Thom e os creodos de Waddington com a enteléquia de Driesch.

Todos estes conceitos incluem a ideia de que o desenvolvimento é orientado ou canalizado no espaço e no tempo por algo que não pode ser considerado limitado a um lugar e a um momento específicos; todos concebem esse algo como contendo, de alguma forma, o fim ou objetivo do processo de desenvolvimento e proporcionam, desse modo, uma forma de pensar acerca da regulação e da regeneração.

A principal diferença é que Driesch procurou explicar como esse processo poderia efetivamente funcionar, ao passo que Waddington e Thom não o fizeram.

O conceito de creodo estava, por conseguinte, menos exposto a críticas precisamente porque permanecia muito vago.³⁵

Na realidade, Waddington considerava os conceitos de creodos e campos morfogenéticos «essencialmente uma conveniência descritiva».³⁶

Tal como diversos outros organicistas, negava estar a propor a atuação de qualquer coisa para além das causas físicas conhecidas.³⁷

Contudo, nem todos os organicistas fazem esta negação; alguns deixam a questão em aberto.

Esta atitude explicitamente não comprometedora é ilustrada pela seguinte discussão do campo morfogenético, apresentada pelo biólogo do desenvolvimento Brian Goodwin:

«Um dos aspetos do campo é o facto de poder ser afetado por forças elétricas. Verificou-se igualmente que outros organismos em desenvolvimento e regeneração possuem padrões de campo elétrico interessantes e significativos, mas eu não desejaria sugerir que o campo morfogenético é essencialmente elétrico.

As substâncias químicas também afetam a polaridade e outros aspetos espaciais dos organismos em desenvolvimento; e, mais uma vez, não desejaria concluir que o campo morfogenético é essencialmente químico ou bioquímico.

Considero que a sua investigação deverá avançar com base no pressuposto de que poderá ser qualquer uma destas coisas, todas elas ou nenhuma delas; mas que, apesar do agnosticismo quanto à sua natureza material, desempenha um papel primordial no processo de desenvolvimento.»³⁸

A abertura deste conceito torna-o o ponto de partida mais promissor para uma teoria organísmica pormenorizada da morfogénese.

Contudo, é evidente que, se os campos morfogenéticos forem considerados plenamente explicáveis através dos princípios físicos conhecidos, não representarão mais do que uma terminologia ambígua sobreposta a uma versão sofisticada da teoria mecanicista.

Só se se admitir que desempenham um papel causal ainda não reconhecido pela física será possível desenvolver uma teoria testável.

Esta possibilidade será discutida nos capítulos seguintes.

A investigação da natureza dos campos morfogenéticos adquire uma nova urgência à luz da moderna biologia evolutiva do desenvolvimento.

Com a ascensão da biologia molecular entre as décadas de 1960 e 1990, o conceito de campos morfogenéticos foi eclipsado a favor dos genes.

Contudo, à medida que as limitações da abordagem molecular se tornaram cada vez mais evidentes, os campos ressurgiram como conceito central para a compreensão do desenvolvimento.

A formação de estruturas completas, como asas ou antenas nas moscas-da-fruta, pode ser «ativada» ou «desativada» por mutações nos genes da «caixa de ferramentas».

O campo morfogenético comporta-se como um todo, e os interruptores genéticos são atualmente designados por «genes seletores de campo».³⁹

O desenvolvimento é «modular».⁴⁰

Num contexto evolutivo, os campos morfogenéticos adquirem um papel explicativo ainda mais importante.

Como argumentaram Scott Gilbert e os seus colegas:

«Vias homólogas de desenvolvimento [...] são observadas em numerosos processos embrionários e ocorrem em regiões distintas: os campos morfogenéticos. Propõe-se que estes campos — que exemplificam a natureza modular dos embriões em desenvolvimento — estabeleçam a mediação entre o genótipo e o fenótipo.

Tal como a célula — e não o seu genoma — funciona como unidade da estrutura e da função orgânicas, também o campo morfogenético — e não os genes ou as células — é considerado uma importante unidade da ontogenia [desenvolvimento], cujas alterações produzem transformações evolutivas.»⁴¹

O que são, então, estes campos, e como funcionam?

Estas questões não podem ser respondidas sem examinarmos o problema mais amplo da causalidade da forma.

CAPÍTULO 3

As Causas da Forma

1. O Problema da Forma

Não é imediatamente evidente que a forma constitua sequer um problema. O mundo que nos rodeia está repleto de formas; reconhecemo-las em cada ato de percepção. Contudo, esquecemo-nos facilmente de que existe um enorme abismo entre este aspeto da nossa experiência, que simplesmente tomamos como garantido, e os fatores quantitativos de que se ocupa a física: massa, quantidade de movimento, energia, temperatura, pressão, carga elétrica, etc.¹

As relações entre os fatores quantitativos da física podem ser expressas matematicamente, e as transformações físicas podem ser descritas através de equações. A construção dessas equações é possível porque as grandezas físicas fundamentais se conservam de acordo com os Princípios da Conservação da Massa e da Energia, da Quantidade de Movimento, da Carga Elétrica, etc.: a quantidade total de massa e energia, quantidade de movimento, carga elétrica, etc., existente antes de determinada transformação física é igual à quantidade total existente depois dela.

Contudo, a forma não entra nestas equações: não é uma grandeza vetorial nem escalar, e também não se conserva. Se um ramo de flores for lançado numa fornalha e reduzido a cinzas, a quantidade total de matéria e energia permanece a mesma, mas a forma das flores desaparece simplesmente.

As grandezas físicas podem ser medidas por instrumentos com um elevado grau de precisão. As formas, porém, não podem ser medidas numa escala quantitativa, nem sequer precisam de o ser, mesmo pelos cientistas.

Neste contexto, a palavra «forma» inclui não apenas a configuração da superfície exterior ou dos limites de um sistema, mas também a sua estrutura interna. Um botânico não mede a diferença entre duas espécies no mostrador de um instrumento; um entomologista também não reconhece borboletas através de uma máquina, nem um anatomista reconhece ossos dessa maneira, nem um histologista reconhece células. Todas estas formas são reconhecidas diretamente.

Depois, os espécimes de plantas são preservados em herbários, as borboletas e os ossos em armários, e as células em lâminas de microscópio. Enquanto formas, são simplesmente aquilo que são; não podem ser reduzidas a qualquer outra coisa.

A descrição e a classificação das formas constituem a principal preocupação de muitos ramos da ciência. Mesmo numa ciência física como a química, um dos grandes objetivos consiste em

elucidar as formas das moléculas, representadas diagramaticamente através de «fórmulas estruturais» bidimensionais ou de modelos tridimensionais do tipo «esferas e varetas».

As formas de todos os sistemas, exceto os mais simples, só podem ser representadas visualmente, seja através de fotografias, desenhos, diagramas ou modelos. Não podem ser representadas matematicamente. Nem mesmo os métodos topológicos mais avançados se encontram ainda suficientemente desenvolvidos para fornecer fórmulas matemáticas para, por exemplo, uma girafa ou um carvalho.²

Se a mera descrição de formas estáticas que não sejam as mais simples já apresenta um problema matemático de enorme complexidade, a descrição da mudança de forma — da morfogénese — é ainda mais difícil.

É este o objeto da «teoria das catástrofes» de René Thom, que classifica e descreve, em termos gerais, os possíveis tipos de mudança de forma, ou «catástrofes». Thom aplica esta teoria aos problemas da morfogénese através da construção de modelos matemáticos nos quais o fim ou objetivo de um processo morfogenético — a forma final — é representado por um atrator no interior de um campo morfogenético.

Postula que cada objeto, ou forma física, pode ser representado por um atrator deste género e que toda a morfogénese «pode ser

descrita pelo desaparecimento dos atratores que representam as formas iniciais e pela sua substituição através da captura pelos atratores que representam as formas finais».³

Para desenvolver modelos topológicos que correspondam a processos morfogénéticos específicos, as fórmulas são encontradas através de uma combinação entre tentativa e erro e conjeturas inspiradas. Se uma expressão matemática produzir demasiadas soluções, terão de lhe ser introduzidas restrições; se uma função for demasiado restrita, utiliza-se uma função mais generalizada.

Através de métodos deste género, Thom esperava que acabasse por ser possível desenvolver expressões topológicas que correspondessem pormenorizadamente aos processos morfogénéticos reais. Ainda assim, estes modelos provavelmente não permitiriam formular previsões quantitativas. O seu principal valor poderia residir em chamar a atenção para analogias formais entre diferentes tipos de morfogénese.⁴

À primeira vista, o formalismo matemático da Teoria da Informação poderá parecer preferível a esta abordagem topológica. Na realidade, porém, a Teoria da Informação possui um âmbito severamente limitado.

Foi inicialmente desenvolvida por engenheiros de telecomunicações no contexto da transmissão de mensagens de uma fonte, através de um canal, para um recetor. Ocupava-se sobretudo da questão de saber como as características de um canal

influenciam a quantidade de informação que pode ser transmitida num determinado período.

Um dos seus resultados fundamentais é que, num sistema fechado, não pode ser transmitida ao recetor mais informação do que aquela que estava contida na fonte, embora a forma da informação possa ser alterada — por exemplo, dos pontos e traços do código Morse para palavras.

O conteúdo informativo de um acontecimento não é definido pelo que aconteceu, mas apenas em relação ao que poderia ter acontecido em alternativa. Para este efeito, utilizam-se normalmente símbolos binários, e o conteúdo informativo de um padrão é determinado através do número de decisões entre «sim» e «não» necessárias para especificar qual das classes particulares de padrões, entre um número conhecido de classes, efetivamente ocorreu.

Na biologia, esta teoria possui alguma relevância para o estudo quantitativo da transmissão de impulsos através das fibras nervosas. Em menor medida, também se aplica à transmissão de uma sequência de bases do ADN dos progenitores para o ADN dos descendentes.

Contudo, mesmo num caso tão simples como este, pode induzir seriamente em erro, porque nos organismos vivos acontecem coisas que não acontecem nos fios telefónicos: os genes sofrem

mutações, partes dos cromossomas sofrem inversões, translocações, etc.

A Teoria da Informação, porém, não é relevante para a morfogénese biológica: aplica-se apenas à transmissão de informação no interior de sistemas fechados e não permite explicar um aumento do conteúdo informativo durante esse processo.⁵

Os organismos em desenvolvimento não são sistemas fechados e, à medida que se desenvolvem, aumenta a complexidade da sua forma e organização. Embora os biólogos falem frequentemente de «informação genética» e «informação posicional» como se estes termos possuíssem um significado bem definido, isso é uma ilusão: tomam de empréstimo apenas o vocabulário da Teoria da Informação, abandonando o seu rigor.

Todavia, mesmo que, através de qualquer método, fosse possível construir modelos matemáticos extraordinariamente pormenorizados dos processos morfogenéticos, e mesmo que estes produzissem previsões concordantes com os dados experimentais, continuaria a colocar-se a questão de saber a que correspondem esses modelos.

Na verdade, a mesma questão é suscitada pela correspondência entre modelos matemáticos e observações empíricas em qualquer ramo da ciência.

Uma resposta é proporcionada pelo misticismo matemático de tipo pitagórico: o universo dependeria de uma ordem matemática fundamental que, de algum modo, daria origem a todos os fenómenos empíricos; essa ordem transcendente seria revelada e tornar-se-ia compreensível apenas através dos métodos da matemática.

Embora esta posição raramente seja defendida de forma explícita, exerce uma forte influência na ciência moderna e pode ser frequentemente encontrada, de maneira mais ou menos disfarçada, entre matemáticos e físicos.⁶

Em alternativa, a correspondência pode ser explicada pela tendência da mente para procurar e encontrar ordem na experiência: as estruturas ordenadas da matemática, criações da mente humana, são sobrepostas à experiência, e aquelas que não se ajustam são rejeitadas. Assim, através de um processo semelhante à seleção natural, conservam-se as fórmulas matemáticas que melhor se ajustam.

Segundo esta perspetiva, a atividade científica ocupa-se apenas do desenvolvimento e da verificação empírica de modelos matemáticos relativos a aspetos mais ou menos isolados e definíveis do mundo; não pode conduzir a qualquer compreensão fundamental da realidade.

Contudo, relativamente ao problema da forma, existe uma abordagem diferente, que não exige nem a aceitação do misticismo pitagórico nem o abandono da possibilidade de explicação.

Para compreender as formas das coisas, não é necessário explicá-las em termos de números, mas em termos de formas mais fundamentais.

Platão considerava que as formas existentes no mundo da experiência sensorial eram como reflexos imperfeitos de Formas ou Ideias arquetípicas e transcendentais. Contudo, esta doutrina, fortemente influenciada pelo misticismo dos pitagóricos, não conseguia explicar como se relacionavam as Formas eternas com o mundo mutável dos fenómenos.

Aristóteles acreditava que este problema poderia ser superado considerando as formas das coisas como imanentes, e não transcendentais: as formas específicas eram inerentes às almas dos seres vivos e faziam com que estes assumissem efetivamente as suas formas características.

No sistema de Driesch, explicitamente baseado no de Aristóteles, as formas específicas dos organismos vivos eram causadas por um agente não energético: a enteléquia.

Os campos morfogenéticos e os creodos dos biólogos organicistas desempenham um papel semelhante, orientando os

processos morfogenéticos para formas finais específicas. Contudo, a sua natureza permaneceu até agora obscura.

Esta obscuridade poderá dever-se, em parte, à tendência platónica presente em grande parte do pensamento organísmico,⁷ particularmente evidente no sistema filosófico de Whitehead.

Whitehead postulava que todos os acontecimentos reais envolviam aquilo a que chamava Objetos Eternos. Em conjunto, estes constituíam o domínio da possibilidade e incluíam todas as formas possíveis; na verdade, assemelhavam-se fortemente às Formas platónicas.⁸

Contudo, é evidente que uma conceção metafísica dos campos morfogenéticos enquanto aspetos das Formas platónicas ou dos Objetos Eternos teria pouco valor para a ciência experimental.

Só se forem considerados entidades físicas que produzem efeitos físicos poderão ajudar a proporcionar uma compreensão científica da morfogénese.

A filosofia organísmica abrange tanto a biologia como a física. Por conseguinte, se se pressupõe que os campos morfogenéticos desempenham um papel causal na morfogénese biológica, também deverão desempenhar um papel causal na morfogénese de sistemas mais simples, como os cristais e as moléculas.

As teorias físicas existentes não reconhecem campos deste tipo. É, portanto, importante considerar até que ponto essas teorias conseguem explicar a morfogênese de sistemas puramente químicos.

Se forem capazes de proporcionar uma explicação adequada, a ideia de campos morfogenéticos será desnecessária. Contudo, se não o forem, fica aberto o caminho para uma nova hipótese sobre a causalidade da forma através de campos morfogenéticos, tanto nos sistemas biológicos como nos não biológicos.

2. Forma e Energia

Na física newtoniana, toda a causalidade era entendida em termos de energia, o princípio do movimento e da mudança.

Tudo aquilo que se move possui energia — a energia cinética dos corpos em movimento, a vibração térmica e a radiação eletromagnética —, e essa energia pode fazer com que outras coisas se movam.

As coisas estáticas também podem possuir energia — energia potencial — devido à sua tendência para se moverem; só permanecem estáticas porque são contidas por forças que se opõem a essa tendência.

Considerava-se que a atração gravitacional dependia de uma força que atuava à distância, levando os corpos a mover-se ou

conferindo-lhes uma tendência para o movimento, isto é, uma energia potencial. Contudo, não se conseguia explicar a existência dessa própria força de atração.

Atualmente, tanto os efeitos gravitacionais como os eletromagnéticos são explicados em termos de campos.

Enquanto se supunha que as forças newtonianas surgiam de algum modo inexplicado a partir dos corpos materiais e se propagavam destes para o espaço, na física moderna os campos são primários: estão subjacentes tanto aos corpos materiais como ao espaço existente entre eles.

Este quadro é complicado pelo facto de existirem vários tipos diferentes de campo.

Em primeiro lugar, o campo gravitacional, que na Teoria Geral da Relatividade de Einstein é identificado com o espaço-tempo e se curva na presença de matéria.

Em segundo lugar, o campo eletromagnético, no interior do qual se localizam as cargas elétricas e através do qual as radiações eletromagnéticas se propagam sob a forma de perturbações vibratórias. Segundo a teoria quântica, estas perturbações são fótons semelhantes a partículas, associados a quantidades discretas de energia.

Em terceiro lugar, na teoria quântica dos campos da matéria, as partículas subatômicas são quanta de excitação dos campos da matéria. Cada tipo de partícula possui o seu próprio campo: um próton é um quantum do campo próton-antipróton, um elétron é um quantum do campo elétron-positrão, e assim sucessivamente.

Nestas teorias, os fenómenos físicos são explicados através de uma combinação de campos e energia, e não apenas em termos de energia.

Assim, embora a energia possa ser considerada a causa da mudança, a ordenação da mudança depende da estrutura espacial dos campos.

Estas estruturas produzem efeitos físicos, mas não constituem, em si mesmas, uma forma de energia; atuam como causas «geométricas» ou espaciais.

A diferença radical entre esta ideia e a noção de uma causalidade exclusivamente energética é ilustrada pelo contraste entre as teorias da gravitação de Newton e de Einstein: segundo Newton, a Lua desloca-se em torno da Terra porque é puxada em direção a ela por uma força de atração; segundo Einstein, fá-lo porque o próprio espaço no qual se move é curvo.

A compreensão moderna da estrutura dos sistemas químicos depende dos conceitos da mecânica quântica e do

eletromagnetismo; os efeitos gravitacionais são comparativamente muito pequenos e podem ser ignorados.

As maneiras possíveis de os átomos se combinarem são dadas pela equação de Schrödinger da mecânica quântica, que permite calcular os orbitais dos elétrons em termos de probabilidades. Na teoria quântica dos campos da matéria, esses orbitais podem ser considerados estruturas no interior do campo elétron-positrão.

Contudo, uma vez que os elétrons e os núcleos atômicos possuem carga elétrica, também estão associados a padrões espaciais no interior do campo eletromagnético e, por conseguinte, a energias potenciais.

Nem todas as disposições espaciais possíveis de um determinado número de átomos possuem a mesma energia potencial, e apenas será estável a disposição com a energia potencial mais baixa, pelas razões indicadas na Fig. 6.

Se um sistema se encontrar num estado cuja energia seja superior à de possíveis estados alternativos, qualquer pequeno deslocamento — por exemplo, devido à agitação térmica — fará com que passe para outro estado (A).

Se se encontrar num estado cuja energia seja inferior à das alternativas possíveis, regressará a esse estado depois de pequenos deslocamentos, sendo, por conseguinte, estável (B).

Um sistema também pode existir temporariamente num estado que não seja o mais estável, desde que não seja deslocado para além do nível de uma «barreira» (C). Quando isso acontece, passa para um estado mais estável e de energia mais baixa.

Estas considerações energéticas determinam qual é o estado mais estável de uma estrutura química, mas não explicam as suas características espaciais, representadas na Fig. 6 pelas encostas ao longo das quais a esfera rola e que atuam como barreiras que a confinam.

Essas características dependem dos padrões espaciais proporcionados pelos campos da matéria e do eletromagnetismo.

Segundo a segunda lei da termodinâmica, os processos espontâneos no interior de um sistema fechado tendem para um estado de equilíbrio. À medida que isso acontece, as diferenças iniciais de temperatura, pressão, etc., entre diferentes regiões do sistema tendem a desaparecer.

Em linguagem técnica, a entropia de um sistema macroscópico fechado permanece constante ou aumenta.

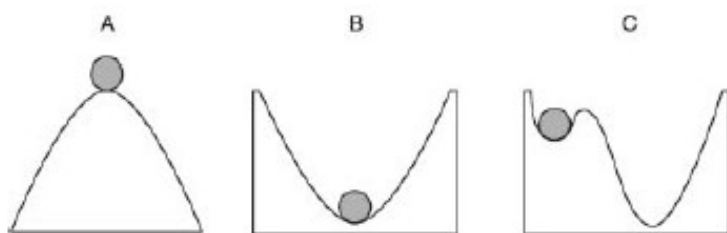


Figura 6 — Representação diagramática de estados instáveis (A), estáveis (B) e parcialmente estáveis (C).

A importância desta lei é frequentemente exagerada nas exposições destinadas ao público em geral; em particular, o termo entropia é tratado como se fosse sinónimo de «desordem».

Nesse caso, o aumento da complexidade organizativa que ocorre na evolução e no desenvolvimento dos organismos vivos parece contradizer o princípio do aumento da entropia.

Esta confusão resulta de uma compreensão incorreta das limitações da termodinâmica clássica.

Em primeiro lugar, esta aplica-se apenas a sistemas fechados, ao passo que os organismos vivos são sistemas abertos, que trocam matéria e energia com o ambiente.

Em segundo lugar, ocupa-se apenas das inter-relações entre o calor e outras formas de energia: é relevante para os fatores energéticos que afetam as estruturas químicas e biológicas, mas não explica a existência dessas estruturas.

Em terceiro lugar, a definição técnica de entropia possui pouca relação com qualquer conceção não técnica de desordem; em particular, não diz respeito ao tipo de ordem inerente às estruturas específicas dos sistemas químicos e biológicos.

Segundo a terceira lei da termodinâmica, à temperatura do zero absoluto, as entropias de todos os sólidos cristalinos puros são iguais a zero. Estes encontram-se perfeitamente «ordenados» do ponto de vista termodinâmico, porque não existe desordem provocada pela agitação térmica.

Contudo, todos são igualmente ordenados: não existe qualquer diferença de entropia entre um simples cristal de sal e um cristal de uma macromolécula complexa como a hemoglobina.

Daqui decorre que a maior complexidade estrutural desta última não pode ser medida em termos de entropia.

O contraste entre «ordem» no sentido de estrutura química ou biológica e «ordem» termodinâmica resultante de diferenças de temperatura, etc., num grande sistema constituído por inúmeros átomos e moléculas é ilustrado pelo processo de cristalização.

Se uma solução salina for colocada num recipiente dentro de um ambiente frio, o sal cristaliza à medida que a solução arrefece.

Inicialmente, os iões que a constituem encontram-se distribuídos aleatoriamente na solução, mas, à medida que a cristalização ocorre, passam a organizar-se com grande regularidade no interior dos cristais, e os próprios cristais desenvolvem estruturas macroscopicamente simétricas.

Do ponto de vista morfológico, verificou-se um aumento considerável da ordem; do ponto de vista termodinâmico, porém, ocorreu uma diminuição da «ordem», isto é, um aumento da entropia, devido à igualização da temperatura entre a solução e o ambiente circundante e à libertação de calor durante o processo de cristalização.

Do mesmo modo, quando um embrião animal cresce e se desenvolve, verifica-se um aumento da entropia do sistema termodinâmico constituído pelo embrião e pelo ambiente do qual retira alimento e para o qual liberta calor e produtos de excreção.

A segunda lei da termodinâmica serve para salientar esta dependência dos organismos vivos relativamente a fontes externas de energia, mas nada faz para explicar as suas formas específicas.

Nos termos mais gerais, a forma e a energia mantêm entre si uma relação inversa: a energia é o princípio da mudança, mas uma forma ou estrutura só pode existir enquanto possuir certa estabilidade e resistência à mudança.

Esta oposição torna-se claramente visível na relação entre os estados da matéria e a temperatura.

Em condições suficientemente frias, as substâncias existem sob formas cristalinas nas quais a disposição das moléculas apresenta um elevado grau de regularidade e ordem.

À medida que a temperatura aumenta, a energia térmica acaba por fazer com que a forma cristalina se desintegre: o sólido funde-se.

No estado líquido, as moléculas organizam-se em padrões transitórios que se deslocam e alteram continuamente.

As forças entre as moléculas criam uma tensão superficial que confere formas simples ao líquido no seu conjunto, como acontece nas gotas esféricas.

Com um novo aumento da temperatura, o líquido vaporiza-se. No estado gasoso, as moléculas ficam isoladas e comportam-se de forma mais ou menos independente umas das outras.

A temperaturas ainda mais elevadas, as próprias moléculas desintegram-se em átomos; e, a temperaturas mais elevadas ainda, até os átomos se desagregam, dando origem a uma mistura gasosa de eletrões e núcleos atômicos: um plasma.

Quando esta sequência se inverte, surgem estruturas mais complexas e organizadas à medida que a temperatura diminui, aparecendo primeiro as mais estáveis e, por último, as menos estáveis.

À medida que um plasma arrefece, os eletrões reúnem-se em torno dos núcleos atômicos nos orbitais apropriados.

A temperaturas mais baixas, os átomos combinam-se para formar moléculas.

Depois, quando o gás se condensa em gotículas, entram em ação forças supramoleculares.

Finalmente, quando o líquido cristaliza, estabelece-se um elevado grau de ordem supramolecular.

Estas formas surgem espontaneamente. Não podem ser explicadas em termos de energia externa, exceto negativamente, no sentido de que só podem surgir e persistir abaixo de determinada temperatura.

Só podem ser explicadas em termos de energia interna na medida em que, entre todas as disposições estruturais possíveis, apenas aquela que possui a energia potencial mais baixa será estável; será, portanto, essa a estrutura que o sistema tenderá espontaneamente a assumir.

3. As Estruturas dos Cristais

A mecânica quântica consegue descrever pormenorizadamente os orbitais eletrónicos e os estados energéticos do mais simples de todos os sistemas químicos: o átomo de hidrogénio.

No caso de átomos mais complexos e de moléculas simples, os seus métodos deixam de ser tão precisos; a complexidade dos

cálculos torna-se formidável. Para moléculas e cristais complexos, são impossíveis cálculos pormenorizados.

As estruturas das moléculas e as disposições dos átomos no interior dos cristais podem ser determinadas empiricamente através de métodos químicos e cristalográficos. Estas estruturas poderão, de facto, ser previstas de maneira mais ou menos aproximada por químicos e cristalógrafos com base em leis empíricas.

Contudo, isso é muito diferente de proporcionar uma explicação fundamental das estruturas químicas através da equação de onda de Schrödinger.

É importante reconhecer esta severa limitação da mecânica quântica.

Sem dúvida, esta ajuda a proporcionar uma compreensão qualitativa ou semiquantitativa das ligações químicas e de determinados aspetos dos cristais, como a diferença entre isoladores e condutores elétricos.

Contudo, não permite prever a partir de primeiros princípios as formas e propriedades nem sequer de moléculas e cristais simples.

A situação é ainda pior no que respeita ao estado líquido, para o qual continua a não existir uma explicação quantitativa satisfatória.

É também ilusório imaginar que a mecânica quântica explica, de forma pormenorizada ou rigorosa, as formas e propriedades das moléculas extremamente complexas e dos agregados macromoleculares estudados por bioquímicos e biólogos moleculares, para já não falar da complexidade incomparavelmente maior da forma e das propriedades até da mais simples célula viva.

O pressuposto de que a química proporciona uma base sólida para a compreensão mecanicista da vida encontra-se tão difundido que talvez seja necessário salientar quão frágeis são as bases de teoria física sobre as quais assenta a própria química.

Nas palavras de Linus Pauling:

«Podemos acreditar no físico teórico que nos diz que todas as propriedades das substâncias deveriam ser calculáveis através dos métodos conhecidos — mediante a resolução da equação de Schrödinger. Na realidade, porém, verificámos que, durante os trinta anos decorridos desde a descoberta da equação de Schrödinger, foram realizados apenas alguns cálculos de mecânica quântica precisos e não empíricos das propriedades das substâncias que interessam aos químicos. O químico continua a ter de depender da experiência para obter a maior parte da informação acerca das propriedades das substâncias.»⁹

Nos cinquenta anos decorridos desde a publicação desta passagem, verificaram-se aperfeiçoamentos importantes nos métodos aproximados de cálculo ao dispor dos químicos quânticos, bem como enormes avanços na capacidade computacional.

Atualmente, é possível calcular algumas propriedades químicas de moléculas simples, como o monóxido de carbono (CO), e, através de métodos mais aproximados, diversas propriedades quantitativas de moléculas como o metano (CH₄) e o amoníaco (NH₃).¹⁰

Contudo, continua a ser verdade que os químicos dependem de observações empíricas, e não de cálculos, para obter a maior parte das informações acerca das propriedades e estruturas das moléculas.

Pode, ainda assim, argumentar-se que os cálculos pormenorizados poderiam ser realizados em princípio.

Contudo, mesmo supondo, para efeitos de argumentação, que esses cálculos pudessem efetivamente ser realizados, não seria possível saber antecipadamente se estariam corretos, isto é, se concordariam com as observações empíricas.

Atualmente, portanto, não existem indícios que sustentem o pressuposto convencional de que as moléculas químicas complexas e as estruturas biológicas podem ser plenamente explicadas através da teoria física existente.

As razões que tornam difícil, ou talvez impossível, prever a forma de uma estrutura química complexa com base nas propriedades dos átomos que a constituem podem ser compreendidas mais claramente através de uma ilustração simples.

Considerem-se unidades elementares de construção que podem ser acrescentadas umas às outras, uma de cada vez, ligando-se pelas extremidades ou lateralmente (Fig. 7).

Com duas unidades de construção existem $2^2 = 4$ combinações possíveis; com três, $2^3 = 8$; com quatro, $2^4 = 16$; com cinco, $2^5 = 32$; com dez, $2^{10} = 1\,024$; com vinte, $2^{20} = 1\,048\,576$; com trinta, $2^{30} = 1\,073\,741\,824$; e assim sucessivamente.

O número de possibilidades torna-se rapidamente enorme.

Num sistema químico, as diferentes disposições possíveis dos átomos possuem diferentes energias potenciais devido às interações elétricas e de outro tipo entre eles; o sistema tenderá espontaneamente a assumir a estrutura com a energia potencial mínima.

Num sistema simples, com apenas algumas estruturas possíveis, uma delas poderá possuir uma energia nitidamente inferior às restantes.

Na Fig. 8A, esta situação é representada pelo mínimo existente no fundo do «poço de potencial»; outras possibilidades menos estáveis são representadas por mínimos locais nas paredes do «poço».

Em sistemas de complexidade crescente, aumenta o número de estruturas possíveis (Fig. 8B, C e D); à medida que isso acontece,

diminui a probabilidade de existir uma única estrutura de energia mínima.

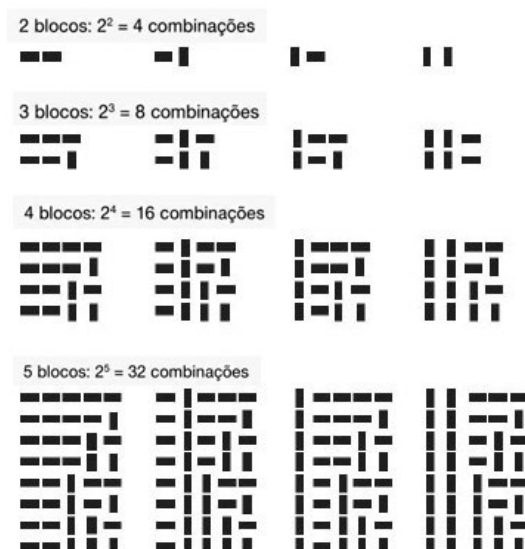


Figura 7 — Combinações possíveis de diferentes números de unidades de construção capazes de se ligar entre si pelas extremidades ou lateralmente.

Na situação representada pela Fig. 8D, várias estruturas diferentes são igualmente estáveis do ponto de vista energético.

Se se verificasse que o sistema assumia aleatoriamente qualquer uma dessas estruturas possíveis, ou que oscilava entre elas, não existiria qualquer problema.

Contudo, se assumisse invariavelmente apenas uma dessas estruturas, isso indicaria que algum fator diferente da energia determinava, de algum modo, que essa estrutura particular se realizasse em vez das outras possibilidades.

Atualmente, a física não reconhece qualquer fator deste gênero.

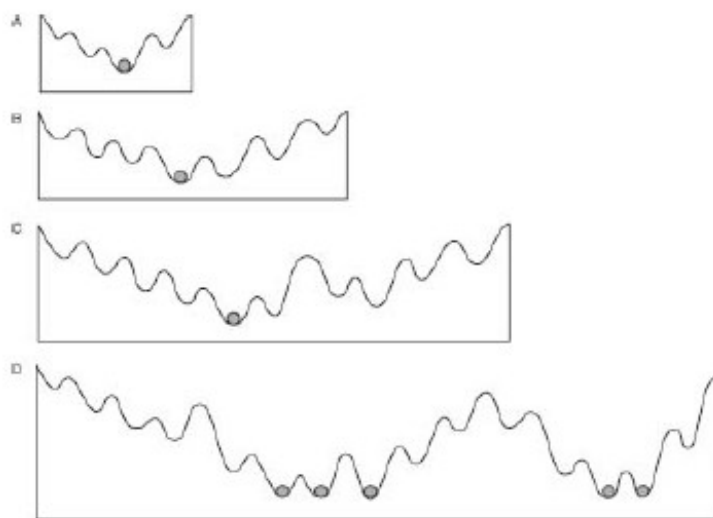


Figura 8 — Representação diagramática das estruturas possíveis de sistemas de complexidade crescente. Em A existe uma única estrutura de energia mínima, mas em D várias estruturas possíveis diferentes são igualmente estáveis.

Embora os químicos, cristalógrafos e biólogos moleculares não consigam realizar os cálculos pormenorizados necessários para prever “a priori” a estrutura ou as estruturas de energia mínima de um sistema, podem utilizar vários métodos aproximados em combinação com dados empíricos relativos às estruturas de substâncias semelhantes.

Em geral, estes cálculos não permitem prever estruturas únicas — exceto nos sistemas mais simples —, mas apenas um conjunto de estruturas possíveis com energias mínimas mais ou menos iguais.

Estes resultados aproximados apoiam, portanto, a ideia de que as considerações energéticas são insuficientes para explicar a estrutura única de um sistema químico complexo.

Contudo, esta conclusão pode sempre ser evitada reafirmando-se que a estrutura estável única terá necessariamente uma energia inferior à de qualquer outra estrutura possível.

Esta afirmação nunca poderia ser falseada porque, na prática, só podem ser utilizados métodos de cálculo aproximados. A estrutura única efetivamente realizada poderia, por conseguinte, ser sempre atribuída a efeitos energéticos subtis que escaparam aos cálculos.

A seguinte exposição de Pauling ilustra a situação relativamente à estrutura dos cristais inorgânicos:

«As substâncias iônicas simples, como os halogenetos alcalinos, possuem poucas opções estruturais; existem apenas algumas disposições iônicas relativamente estáveis correspondentes à fórmula M^+X^- , e os diversos fatores que influenciam a estabilidade do cristal competem entre si, sem que nenhum deles tenha necessariamente uma expressão clara na decisão entre as disposições do cloreto de sódio e do cloreto de cézio.

Por outro lado, no caso de uma substância complexa, como a mica, $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$, ou a zunite, $Al_{13}Si_5O_{20}(OH)_{18}Cl$, podem propor-se muitas estruturas concebíveis que diferem apenas ligeiramente em natureza e estabilidade, sendo de esperar que a mais estável dessas estruturas possíveis — aquela que a substância efetivamente assume — reflita, nas suas várias características, os diferentes

fatores relevantes para a determinação da estrutura dos cristais iônicos.

Foi possível formular um conjunto de regras acerca da estabilidade dos cristais iônicos complexos [...] Estas regras foram obtidas, em parte, por indução a partir das estruturas conhecidas em 1928 e, em parte, por dedução a partir das equações da energia dos cristais.

Não são rigorosas na sua derivação nem universais na sua aplicação, mas revelaram-se úteis como critério para avaliar a provável exatidão das estruturas propostas para cristais complexos e como auxílio à investigação de cristais por raios X, ao permitirem sugerir estruturas plausíveis para verificação experimental.»¹¹

Como afirmou John Maddox, editor da revista "*Nature*", em 1988:

«Um dos escândalos persistentes das ciências físicas é continuar a ser impossível prever, a partir da sua composição química, a estrutura até dos sólidos cristalinos mais simples.»¹²

Desde 1988, registaram-se enormes avanços na capacidade computacional, mas continua a acontecer que a maioria das previsões da estrutura dos cristais depende do conhecimento das estruturas de substâncias semelhantes.

Através da utilização de várias aproximações, são agora possíveis melhores previsões "a priori", mas estas continuam a deparar-se com o inevitável problema das múltiplas estruturas de energia mínima.

Uma revisão publicada em 2004 resumiu a situação da seguinte forma:

«O principal problema parece não consistir tanto em gerar estruturas cristalinas estáveis, mas em selecionar uma ou mais estruturas possíveis entre um número muito elevado de candidatas com energias quase iguais. Por exemplo, mesmo para uma molécula simples como o benzeno, que possui apenas uma estrutura cristalina conhecida à pressão normal, os cálculos produzem pelo menos trinta estruturas cristalinas possíveis.»¹³

Uma série de Encontros de Previsão da Estrutura Cristalina, organizados pelo Centro de Dados Cristalográficos de Cambridge em 1999, 2001, 2004 e 2007, destinou-se a avaliar os métodos de cálculo existentes.

Foram fornecidas às equipas concorrentes as fórmulas moleculares de várias substâncias químicas orgânicas simples, pedindo-se-lhes que previssem «às cegas» as respetivas estruturas cristalinas.

Os organizadores conheciam as estruturas reais dos cristais, mas estas ainda não tinham sido publicadas.

Em 2004, os resultados «não se distinguiram por um êxito espetacular». Contudo, «muitos grupos encontraram a estrutura experimental algures na sua lista de possíveis estruturas de baixa energia. Assim, os métodos atuais são capazes, se não de prever “a priori” a estrutura ou estruturas experimentais, pelo menos de

fornecer um conjunto de estruturas enquanto possíveis polimorfos.»¹⁴

No concurso de 2007, verificou-se um avanço importante: uma equipa previu corretamente a estrutura das quatro moléculas submetidas a teste.

Utilizou um processo em duas etapas para selecionar as três estruturas de energia mínima consideradas mais prováveis, uma das quais era a correta.

Contudo, as moléculas envolvidas eram muito pequenas, possuindo entre oito e trinta e três átomos.¹⁵

4. As Estruturas das Proteínas

O conjunto de estruturas possíveis torna-se enorme no caso das moléculas grandes, sobretudo das proteínas.

Até uma proteína pequena como a insulina contém quase oitocentos átomos, e as maiores possuem centenas de milhares.

As cadeias polipeptídicas torcem-se, curvam-se e dobram-se, formando complexas configurações tridimensionais (Fig. 9).

Nas condições em que uma determinada molécula proteica é estável, dobra-se e assume uma estrutura única.

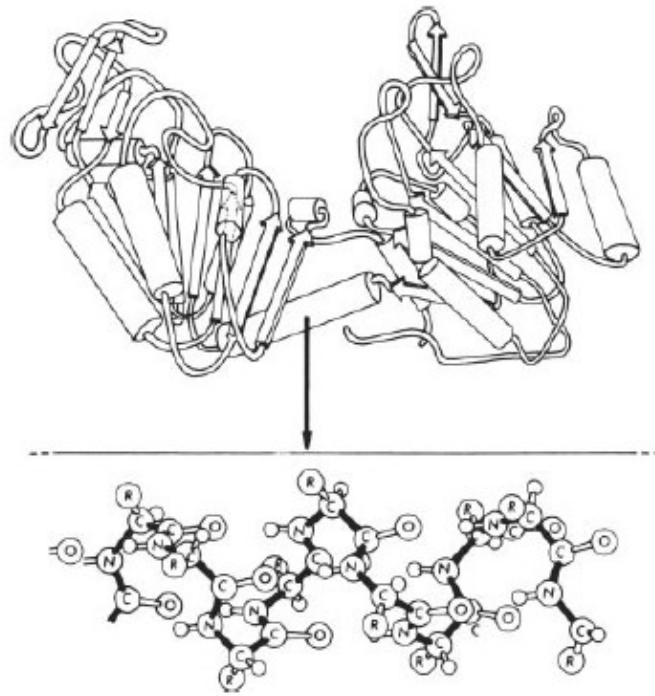


Figura 9 — Em cima: estrutura da enzima fosfoglicerato cinase, isolada do músculo de cavalo; as hélices α são representadas por cilindros e as cadeias β por setas. Em baixo: estrutura mais pormenorizada de uma região em hélice α . (Adaptado de Banks et al., 1979.)

Em numerosos estudos experimentais, as proteínas foram levadas a desdobrar-se em diferentes graus através da alteração do seu ambiente químico. Quando voltam a ser colocadas em condições apropriadas, dobram-se novamente e recuperam a sua estrutura normal.

Apesar de partirem de diferentes estados iniciais e seguirem diferentes «percursos» de dobramento, atingem o mesmo ponto final estrutural.¹⁶

É provável que este ponto final estável corresponda a uma estrutura de energia mínima.

Contudo, isto não prova que seja a única estrutura possível com energia mínima; poderão existir muitas outras estruturas possíveis com a mesma energia mínima.

Na realidade, os cálculos destinados a prever a estrutura tridimensional das proteínas, partindo da sequência linear de aminoácidos codificada pelo ADN, produzem um número excessivo de soluções.

Na literatura relativa ao dobramento das proteínas, esta dificuldade é conhecida como o «problema dos múltiplos mínimos».¹⁷

Numa série contínua de encontros sobre a previsão de estruturas proteicas, realizados sob a égide do Laboratório Nacional Lawrence Livermore, na Califórnia, equipas de todo o mundo tentam prever às cegas a estrutura tridimensional das proteínas, tal como acontece nos Encontros de Previsão da Estrutura Cristalina.

Estas avaliações são designadas por Avaliação Crítica das Técnicas de Previsão da Estrutura das Proteínas — CASP, na sigla inglesa.

As previsões mais bem-sucedidas baseiam-se, de longe, num conhecimento pormenorizado de proteínas semelhantes, abordagem conhecida como modelação comparativa.

Os concursos CASP incluíam anteriormente uma categoria “ab initio”, o que implicava que as previsões partiam de primeiros princípios. Contudo, no CASP6, realizado em 2004, o nome dessa categoria foi alterado:

«Este nome implica que não existe qualquer dependência de estruturas conhecidas na construção dos modelos. Na prática, a maioria dos métodos utilizados para estes alvos recorre extensivamente à informação estrutural disponível, tanto na elaboração de funções de pontuação destinadas a distinguir previsões corretas de previsões incorretas como na seleção dos fragmentos a incorporar no modelo. Por esta razão, a categoria passou a chamar-se “novos dobramentos”.»¹⁸

Ainda assim, mesmo utilizando o conhecimento de proteínas semelhantes, o problema dos múltiplos mínimos não desaparece.

Esta era a situação em 2004:

«Tal como na previsão das estruturas cristalinas [...], o problema de seleccionar a estrutura terciária mais estável entre muitas formas com energias quase iguais é extremamente grave.»¹⁹

Existem razões convincentes para pensar que a própria proteína não «testa» todos estes mínimos até encontrar o correto:

«Se a cadeia explorasse aleatoriamente todas as configurações possíveis através de rotações em torno das diferentes ligações

simples da estrutura, demoraria demasiado tempo a alcançar a configuração nativa.

Por exemplo, se os resíduos individuais de uma cadeia polipeptídica desdobrada pudessem existir em apenas dois estados — o que constitui uma subestimação grosseira —, o número de conformações possíveis geradas aleatoriamente seria de 10^{45} para uma cadeia de 150 resíduos de aminoácidos, embora, evidentemente, a maioria dessas conformações fosse provavelmente impossível por razões estéricas.

Se cada conformação pudesse ser explorada com uma frequência correspondente a uma rotação molecular — 10^{12} s^{-1} , o que constitui uma sobrestimação —, seriam necessários aproximadamente 10^{26} anos para examinar todas as conformações possíveis.

Uma vez que a síntese e o dobramento de uma cadeia proteica como a da ribonuclease ou do lisozima podem realizar-se em cerca de dois minutos, é evidente que nem todas as conformações são percorridas durante o processo de dobramento.

Em vez disso, parece-nos que, em resposta às interações locais, a cadeia peptídica é orientada ao longo de vários percursos possíveis de baixa energia — relativamente pouco numerosos —, talvez passando por estados intermédios únicos, em direção à conformação de energia livre mínima.» (C. B. Anfinsen e H. A. Scheraga)²⁰

Contudo, o processo de dobramento poderá não apenas ser «orientado» ao longo de determinados percursos, mas também orientado para uma conformação específica de energia mínima, em vez de para quaisquer outras conformações possíveis dotadas da mesma energia mínima.

Esta discussão conduz à conclusão geral de que as atuais teorias físicas poderão ser incapazes de explicar as estruturas únicas das moléculas e dos cristais complexos.

Permitem propor um conjunto de possíveis estruturas de energia mínima, mas não existem indícios de que consigam explicar por que razão se realiza uma dessas estruturas, e não qualquer uma das outras possibilidades.

É, portanto, concebível que algum fator diferente da energia «selecione» entre essas possibilidades e determine, desse modo, a estrutura específica assumida pelo sistema.²¹

A hipótese que será agora desenvolvida baseia-se na ideia de que esta «seleção» é realizada por um novo tipo de causalidade, atualmente não reconhecido pela física, através da ação dos campos morfogenéticos.

5. Causalidade Formativa

A hipótese da causalidade formativa propõe que os campos morfogenéticos desempenham um papel causal no desenvolvimento e na manutenção das formas dos sistemas em todos os níveis de complexidade.

Esta causalidade da forma através dos campos morfogenéticos é chamada causalidade formativa para a distinguir do tipo energético

de causalidade de que a física já se ocupa de maneira tão aprofundada.²²

Embora os campos morfogenéticos só possam produzir os seus efeitos em conjugação com processos energéticos, não são, em si mesmos, energéticos.

A ideia de uma causalidade formativa não energética torna-se mais fácil de compreender através de uma analogia arquitetónica.

Para construir uma casa, são necessários tijolos e outros materiais de construção; são também necessários os construtores que colocam os materiais nos lugares apropriados; e é necessário o projeto arquitetónico que determina a forma da casa.

Os mesmos construtores, realizando a mesma quantidade de trabalho e utilizando a mesma quantidade de materiais, produziriam uma casa com uma forma diferente se seguissem um projeto diferente.

O projeto pode, assim, ser considerado uma causa da forma específica da casa, embora, evidentemente, não seja a única causa: nunca poderia concretizar-se sem os materiais de construção e a atividade dos construtores.

Do mesmo modo, um campo morfogenético específico constitui uma causa da forma específica assumida por um sistema, embora não possa atuar sem «unidades de construção» apropriadas nem

sem a energia necessária para as deslocar e colocar nos seus lugares.

Esta analogia não pretende sugerir que o papel causal dos campos morfogenéticos dependa de uma concepção consciente, mas apenas salienta que nem toda a causalidade tem necessariamente de ser energética.

O projeto de uma casa não constitui, em si mesmo, uma forma de energia. É, antes, um tipo de informação.

Mesmo quando está desenhado em papel, ou finalmente concretizado sob a forma da casa, não possui peso nem energia própria.

Se o papel for queimado ou a casa demolida, não ocorre qualquer alteração mensurável na quantidade total de massa e energia; o projeto desaparece simplesmente.

Do mesmo modo, segundo a hipótese da causalidade formativa, os campos morfogenéticos não são, em si mesmos, energéticos; ainda assim, desempenham um papel causal na determinação das formas dos sistemas aos quais estão associados.

Se um sistema estivesse associado a um campo morfogenético diferente, desenvolver-se-ia de maneira diferente.²³

Esta hipótese pode ser testada empiricamente nos casos em que os campos morfogenéticos que atuam sobre os sistemas podem ser alterados (Secções 6/Cap.5; 4, 6, 9/Cap.7 e 2, 4/Cap.11).

Os campos morfogenéticos podem ser considerados análogos aos campos conhecidos da física, na medida em que são capazes de ordenar transformações físicas, embora não possam ser diretamente observados.

Os campos gravitacionais e eletromagnéticos são estruturas espaciais invisíveis, intangíveis, inaudíveis, insípidas e inodoras; só podem ser detetados através dos respetivos efeitos gravitacionais e eletromagnéticos.

Para explicar o facto de os sistemas físicos se influenciarem mutuamente à distância sem qualquer ligação material visível entre eles, atribui-se a estes campos hipotéticos a propriedade de atravessarem o espaço vazio, ou mesmo de o constituírem efetivamente.

Num sentido, são imateriais; noutro sentido, são aspetos da matéria, porque são conhecidos através dos efeitos que produzem nos sistemas materiais.

Na prática, a definição científica de matéria foi simplesmente alargada para os incluir.

De forma semelhante, os campos morfogenéticos são estruturas espaciais detetáveis apenas através dos efeitos morfogenéticos que exercem sobre sistemas materiais; também eles podem ser considerados aspetos da matéria se a definição desta for ainda mais alargada para os incluir.

Embora nas secções anteriores se tenha discutido apenas a morfogénese de sistemas biológicos e de sistemas químicos complexos, a hipótese da causalidade formativa aplica-se a sistemas biológicos e físicos em todos os níveis de complexidade.

Uma vez que cada tipo de sistema possui a sua própria forma característica, cada um terá de possuir um tipo específico de campo morfogenético.

Assim, terá de existir um tipo de campo morfogenético para os protões; outro para os átomos de azoto; outro para as moléculas de água; outro para os cristais de cloreto de sódio; outro para as células musculares das minhocas; outro para os rins das ovelhas; outro para os elefantes; outro para as faias; e assim sucessivamente.

Segundo a teoria organísmica, os sistemas ou «organismos» encontram-se hierarquicamente organizados em todos os níveis de complexidade.²⁴

Na presente discussão, esses sistemas serão designados por unidades mórficas.

O adjetivo «mórfico» — derivado da raiz grega “*morphē*”, que significa «forma» — salienta o aspeto estrutural, enquanto a palavra «unidade» salienta a unidade ou totalidade do sistema.

Neste sentido, os sistemas químicos e biológicos são constituídos por hierarquias de unidades mórficas.

Um cristal, por exemplo, contém moléculas, que contêm átomos, os quais contêm partículas subatômicas.

Os cristais, as moléculas, os átomos e as partículas subatômicas são unidades mórficas, tal como os animais e as plantas, os órgãos, os tecidos, as células e os organelos.

Exemplos simples deste tipo de organização hierárquica podem ser visualizados diagramaticamente sob a forma de uma «árvore» ou de uma série de «caixas chinesas» (Fig. 10).

Uma unidade mórfica de nível superior terá de coordenar, de algum modo, a disposição das partes ou módulos que a constituem.

Fá-lo através da influência do seu campo morfogenético sobre os campos morfogenéticos das unidades mórficas de níveis inferiores.

Assim, os campos morfogenéticos, tal como as próprias unidades mórficas, possuem uma organização essencialmente hierárquica.

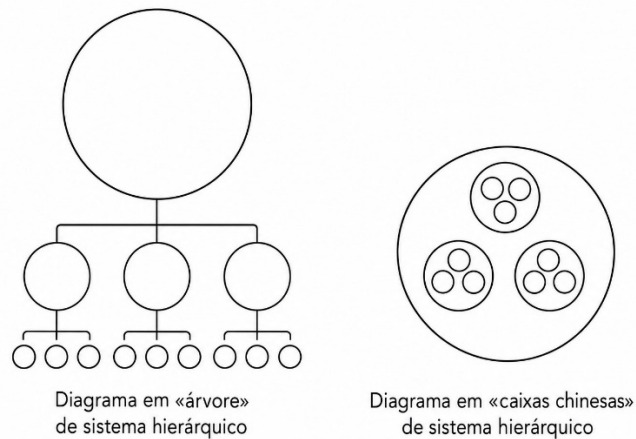


Figura 10 — Formas alternativas de representar um sistema hierárquico simples.

O modo como os campos morfogenéticos poderão atuar sobre os sistemas sujeitos à sua influência será discutido no capítulo seguinte; a questão da sua origem e daquilo que lhes confere a estrutura específica será analisada no Capítulo 5.

CAPÍTULO 4

Campos Morfogenéticos

1. Germes Morfogenéticos

A morfogénese não ocorre no vazio. Só pode começar a partir de um sistema já organizado que funcione como germe morfogenético. Durante a morfogénese, surge em torno desse germe uma nova unidade mórfica de nível superior, sob a influência de um campo morfogenético específico. Como se associa, então, esse campo ao germe morfogenético inicial?

A resposta poderá ser que, tal como a associação dos sistemas materiais aos campos gravitacionais depende da sua massa, e a associação aos campos eletromagnéticos depende da sua carga elétrica, também a associação dos sistemas aos campos morfogenéticos depende da sua forma. Assim, um germe morfogenético fica envolvido por determinado campo morfogenético devido à sua forma característica.

O germe morfogenético é uma parte do sistema que virá a formar-se. Por conseguinte, uma parte do campo morfogenético do sistema corresponde-lhe. Contudo, o restante campo ainda não está «ocupado» nem «preenchido»; contém a forma virtual do

sistema final, que só se atualiza quando todas as suas partes materiais assumem as posições apropriadas. O campo morfogenético coincide então com a forma efetiva do sistema.

Estes processos encontram-se representados diagramaticamente na Fig. 11A. As áreas pontilhadas indicam a forma virtual, e as linhas contínuas, a forma efetiva do sistema. O campo morfogenético pode ser concebido como uma estrutura que envolve ou integra o germe morfogenético e contém a forma final virtual; esse campo ordena então os acontecimentos no interior do seu alcance de influência, de modo que a forma virtual seja atualizada.

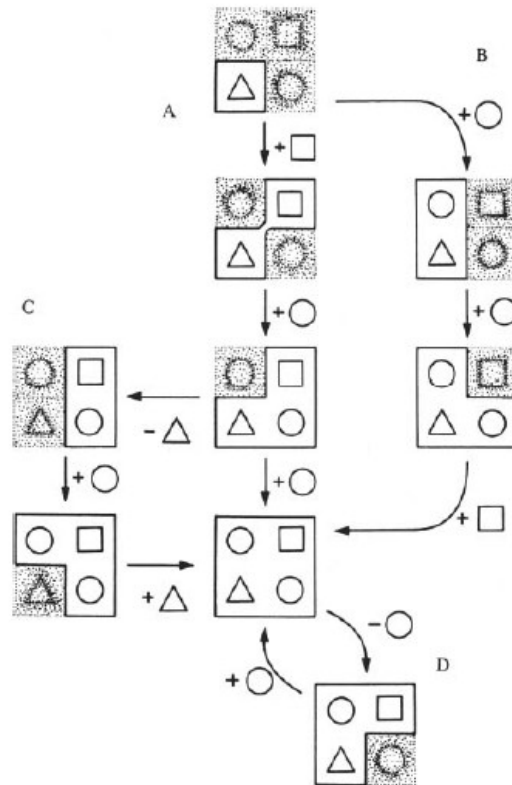


Figura 11 — Representação diagramática do desenvolvimento de um sistema a partir de um germe morfogenético — o triângulo — através do creodo normal, em A. Em B encontra-se representado um percurso

morfogenético alternativo; em C, a regulação; e em D, a regeneração. A forma virtual no interior do campo morfogenético é indicada pela área pontilhada.

Na ausência das unidades mórficas que constituem as partes do sistema final, este campo é indetetável; só se revela através dos efeitos ordenadores que exerce sobre essas partes quando estas entram no seu campo de influência.

As «linhas de força» do campo magnético em torno de um íman proporcionam uma analogia aproximada: estas estruturas espaciais tornam-se reconhecíveis quando se introduzem nas proximidades partículas suscetíveis de serem magnetizadas, como limalha de ferro.

Contudo, o campo magnético existe mesmo quando a limalha de ferro está ausente. Do mesmo modo, o campo morfogenético em torno de um germe morfogenético existe enquanto estrutura espacial, embora ainda não tenha sido atualizado na forma final do sistema.

Os campos morfogenéticos diferem, porém, radicalmente dos campos eletromagnéticos: estes últimos dependem do estado efetivo do sistema — da distribuição e do movimento das partículas carregadas —, ao passo que os campos morfogenéticos correspondem ao estado potencial de um sistema em desenvolvimento e já se encontram presentes antes de este assumir a sua forma final.¹

Na Fig. 11A existem vários estádios intermédios entre o germe morfogenético e a forma final. Esta forma também poderia ser alcançada através de um percurso morfogenético diferente (Fig. 11B), mas, se determinado percurso for habitualmente seguido, poderá ser considerado uma via canalizada de transformação, ou creodo (cf. Fig. 5).

Se o sistema em desenvolvimento for danificado através da remoção de uma das suas partes, poderá ainda assim conseguir alcançar a forma final (Fig. 11C). Isto representa a regulação.

Depois de a forma final se atualizar, a associação contínua entre o campo morfogenético e o sistema cuja forma lhe corresponde tenderá a estabilizar este último. Quaisquer desvios do sistema relativamente a essa forma tenderão a ser corrigidos, à medida que o sistema é atraído de novo para ela. E, se uma parte do sistema for removida, a forma final tenderá a atualizar-se novamente (Fig. 11D). Isto representa a regeneração.

O tipo de morfogénese representado na Fig. 11 é essencialmente agregativo: unidades mórficas anteriormente separadas reúnem-se para formar uma unidade mórfica de nível superior.

É possível outro tipo de morfogénese quando a unidade mórfica que funciona como germe morfogenético já faz parte de uma unidade mórfica diferente de nível superior. A influência do novo campo morfogenético conduz então a uma transformação na qual a

forma da unidade mórfica original de nível superior é substituída pela forma da nova unidade.

A maioria dos tipos de morfogénese química é agregativa, enquanto a morfogénese biológica envolve geralmente uma combinação de processos transformativos e agregativos. Nas secções seguintes serão considerados alguns exemplos.

2. Morfogénese Química

À medida que a temperatura diminui, ocorrem progressivamente morfogénese agregativas nos sistemas inorgânicos: quando um plasma arrefece, as partículas subatómicas agregam-se e formam átomos; a temperaturas mais baixas, os átomos agregam-se e formam moléculas; depois, as moléculas condensam-se em líquidos; e, finalmente, os líquidos cristalizam.

No estado plasmático, os átomos de hidrogénio encontram-se separados em eletrões e núcleos atómicos desprovidos de eletrões. Os núcleos podem ser considerados os germes morfogenéticos dos átomos; estão associados aos campos morfogenéticos atómicos, que contêm os orbitais eletrónicos virtuais.

Num sentido, estes orbitais não existem; noutro sentido, possuem uma realidade que se revela no plasma em arrefecimento, quando são atualizados através da captura de eletrões.

Os elétrons capturados no interior dos orbitais atômicos podem voltar a ser deslocados por influência de energia externa ou ao transitarem para um orbital virtual de energia potencial mais baixa. Neste último caso, perdem um quantum discreto de energia, que é irradiado sob a forma de fóton.

Nos átomos com muitos elétrons, cada orbital só pode conter dois elétrons — com spins opostos. Assim, num plasma em arrefecimento, os orbitais virtuais com as energias potenciais mais baixas são os primeiros a ser preenchidos por elétrons; seguem-se os orbitais com as energias imediatamente superiores, e assim sucessivamente, até que a forma atômica completa se tenha atualizado em torno do germe morfogenético constituído pelo núcleo.

Por sua vez, os átomos são os germes morfogenéticos das moléculas, e as moléculas pequenas são os germes das moléculas maiores.

As reações químicas envolvem a agregação de átomos e moléculas em moléculas maiores — por exemplo, na formação de polímeros —, a fragmentação de moléculas em moléculas mais pequenas, ou ainda a sua decomposição em átomos e iões, que poderão depois agregar-se a outros.

É o que acontece, por exemplo, na combustão: sob a influência de energia externa, as moléculas fragmentam-se em átomos e iões,

que depois se combinam com os do oxigénio para formar moléculas pequenas e simples, como H_2O e CO_2 .

Estas transformações químicas envolvem a atualização de formas virtuais associadas aos átomos ou moléculas que funcionam como germes morfogenéticos.

A ideia de que as moléculas possuem formas virtuais antes de estas se atualizarem é ilustrada pelo facto bem conhecido de compostos inteiramente novos poderem ser primeiro «concebidos» com base em princípios de combinação química determinados empiricamente e, depois, efetivamente sintetizados por químicos orgânicos.

Estas sínteses laboratoriais são realizadas passo a passo. Em cada etapa, determinada forma molecular funciona como germe morfogenético da forma virtual seguinte a ser sintetizada, culminando na forma da molécula inteiramente nova.

Caso pareça algo artificial considerar as reações químicas processos morfogenéticos, convém recordar que grande parte do efeito dos catalisadores, tanto inorgânicos como orgânicos, depende da sua morfologia.

As enzimas, por exemplo — catalisadores específicos das numerosas reações bioquímicas —, proporcionam superfícies, sulcos, entalhes ou cavidades nos quais as moléculas reagentes se

encaixam com uma especificidade frequentemente comparada à de uma chave numa fechadura.

O efeito catalítico das enzimas depende, em grande medida, da forma como mantêm as moléculas reagentes nas posições relativas apropriadas para que a reação possa ocorrer. Numa solução livre, as colisões aleatórias das moléculas verificam-se em todas as orientações possíveis, a maioria das quais é inadequada.

Os pormenores das morfogéneses químicas permanecem vagos, em parte devido à sua grande rapidez, em parte porque as formas intermédias podem ser altamente instáveis e também porque as transformações últimas consistem em saltos quânticos probabilísticos de eletrões entre os orbitais que constituem as ligações químicas.

A forma virtual da futura molécula encontra-se delineada no campo morfogenético associado ao germe morfogenético atómico ou molecular. Quando o outro átomo ou molécula se aproxima com uma orientação apropriada, a forma da molécula resultante atualiza-se através de saltos quânticos de eletrões para orbitais que anteriormente existiam apenas enquanto formas virtuais; ao mesmo tempo, liberta-se energia, geralmente sob a forma de movimento térmico.

O papel do campo morfogenético neste processo é, por assim dizer, energeticamente passivo, mas morfologicamente ativo: cria estruturas virtuais que depois se atualizam à medida que unidades

mórficas de nível inferior «encaixam» ou «saltam» para o interior delas, libertando energia durante o processo.

Qualquer tipo de átomo ou molécula pode participar em muitos tipos diferentes de reação química e constitui, portanto, o germe potencial de muitos campos morfogenéticos diferentes. Estes poderiam ser imaginados como possibilidades que «pairam» em seu redor.

Contudo, o átomo ou molécula poderá não assumir o papel de germe de determinado campo morfogenético até que outro átomo ou molécula reagente apropriado se aproxime, talvez devido a efeitos eletromagnéticos específicos ou a outros efeitos exercidos sobre ele.

A morfogénese dos cristais difere da dos átomos e das moléculas porque envolve a repetição indefinida de determinado padrão de disposição atômica ou molecular. O próprio padrão proporciona o germe morfogenético.

É bem conhecido que a adição de «sementes» ou «núcleos» do tipo de cristal apropriado acelera consideravelmente a cristalização de líquidos sobreaquecidos ou de soluções sobressaturadas.

Na ausência dessas sementes ou núcleos, os germes morfogenéticos do cristal só surgem quando, por acaso, os átomos ou moléculas assumem as posições relativas apropriadas devido à agitação térmica.

Uma vez presente o germe, as formas virtuais das repetições da estrutura reticular, proporcionadas pelo campo morfogenético, estendem-se para fora a partir das superfícies do cristal em crescimento.

Os átomos ou moléculas livres apropriados que se aproximam dessas superfícies são capturados e «encaixam» nas posições correspondentes; também neste caso se liberta energia térmica durante o processo.

A sementeira ou nucleação de líquidos sobrefriados ou de soluções sobressaturadas também pode ser realizada, embora com menor eficácia, através de pequenos fragmentos de substâncias não relacionadas.

Por exemplo, os químicos riscam frequentemente as paredes dos tubos de ensaio para semear as soluções com fragmentos de vidro. Estes fragmentos proporcionam superfícies que facilitam o posicionamento relativo apropriado dos átomos ou moléculas que constituem o verdadeiro germe morfogenético do cristal.

No seu efeito morfogenético, estas sementes assemelham-se aos catalisadores das reações químicas.

Todos os tipos de morfogénese química até agora considerados são essencialmente agregativos. As transformações são menos comuns nos sistemas não vivos.

Por exemplo, os cristais sofrem por vezes transformações noutras formas cristalinas, como acontece quando cristais de carbono sob a forma de grafite são transformados, sob alta temperatura e pressão, na forma de diamante.

As moléculas também podem sofrer transformações, como acontece no dobramento das proteínas e nas alterações reversíveis de forma que ocorrem quando determinadas enzimas se ligam às moléculas cuja reação catalisam.²

O facto de as proteínas se dobrarem muito mais rapidamente do que seria de esperar caso encontrassem a forma final através de uma procura aleatória indica que o seu dobramento segue percursos específicos ou um número limitado de percursos (Secção 4 Cap.3).

Estas «vias canalizadas de transformação» podem ser consideradas creodos.

Para que o processo de dobramento comece, segundo as ideias desenvolvidas na Secção 1 Cap. 4, terá de estar presente um germe morfogenético, e esse germe deverá possuir já a estrutura tridimensional característica que assume na forma final da proteína.

A existência de tais pontos de partida morfogenéticos já foi, de facto, sugerida na literatura relativa ao dobramento das proteínas:

A extrema rapidez do redobramento torna indispensável que o processo decorra ao longo de um número limitado de percursos [...] Torna-se necessário postular a existência de um número limitado de acontecimentos iniciadores admissíveis no processo de dobramento.

Esses acontecimentos, geralmente designados por nucleações, ocorrerão muito provavelmente em partes da cadeia polipeptídica capazes de participar em equilíbrios conformacionais entre disposições aleatórias e disposições estabilizadas cooperativamente [...]

Além disso, é importante salientar que as sequências de aminoácidos das cadeias polipeptídicas destinadas a constituir a estrutura das moléculas proteicas só fazem sentido funcional quando se encontram na disposição tridimensional que as caracteriza na molécula proteica nativa.

Parece razoável sugerir que as porções de uma cadeia proteica capazes de servir como locais de nucleação do dobramento serão aquelas que conseguem «oscilar» intermitentemente para dentro e para fora da conformação que ocupam na proteína final e que formarão uma estrutura relativamente rígida, estabilizada por um conjunto de interações cooperativas.

— C. B. Anfinsen³

Esses «locais de nucleação» funcionarão como germes morfogenéticos através da sua associação ao campo morfogenético

da proteína, que canalizaria então o percurso de dobramento em direção à forma final característica.

3. Os Campos Morfogenéticos Como «Estruturas de Probabilidade»

Os orbitais dos eletrões em torno de um núcleo atómico podem ser considerados estruturas no interior do campo morfogenético do átomo. Estes orbitais podem ser descritos através de soluções da equação de Schrödinger.

Contudo, segundo a mecânica quântica, não é possível especificar as órbitas precisas dos eletrões, mas apenas as probabilidades de encontrar eletrões em determinados pontos; os orbitais são considerados distribuições de probabilidade no espaço.

No contexto da hipótese da causalidade formativa, este resultado sugere que, tal como estas estruturas dos campos morfogenéticos dos átomos devem ser concebidas como distribuições espaciais de probabilidade, também os campos morfogenéticos em geral não são definidos com precisão, mas dados por distribuições de probabilidade.⁴

Pressupor-se-á que é efetivamente esse o caso e, daqui em diante, as estruturas dos campos morfogenéticos serão designadas por **estruturas de probabilidade**.⁵ Na Secção 4 do Capítulo 5 será proposta uma explicação para a natureza probabilística destes campos.

A ação do campo morfogenético de uma unidade mórfica sobre os campos morfogenéticos das suas partes — que são unidades mórficas de níveis inferiores (Secção 5 Cap. 3) — pode ser concebida em termos da influência desta estrutura de probabilidade de nível superior sobre estruturas de probabilidade de níveis inferiores.

O campo de nível superior modifica as estruturas de probabilidade dos campos de nível inferior.

Por conseguinte, durante a morfogénese, o campo de nível superior modifica a probabilidade dos acontecimentos probabilísticos que ocorrem nas unidades mórficas de nível inferior sob a sua influência.⁶

No caso dos átomos livres, os acontecimentos eletrónicos ocorrem com as probabilidades determinadas pelas estruturas de probabilidade não modificadas dos campos morfogenéticos atómicos.

Contudo, quando os átomos ficam sob a influência do campo morfogenético de nível superior de uma molécula, essas probabilidades são modificadas de modo a aumentar a probabilidade dos acontecimentos que conduzem à atualização da forma final e a diminuir a probabilidade dos restantes acontecimentos.

Assim, os campos morfogenéticos das moléculas restringem o número possível de configurações atômicas que seria de esperar com base em cálculos iniciados a partir das estruturas de probabilidade dos átomos livres.

E é precisamente isso que se observa: no caso do dobramento das proteínas, por exemplo, a rapidez do processo indica que o sistema não explora as inúmeras configurações segundo as quais os átomos poderiam teoricamente dispor-se (Secção 4 Cap.3).

Do mesmo modo, os campos morfogenéticos dos cristais restringem o elevado número de disposições possíveis permitidas pelas estruturas de probabilidade das moléculas que os constituem. Por isso, quando a substância cristaliza, assume um padrão específico de disposição molecular, em vez de qualquer uma das outras estruturas concebíveis.

Assim, os campos morfogenéticos dos cristais e das moléculas são estruturas de probabilidade no mesmo sentido em que os orbitais eletrônicos dos campos morfogenéticos dos átomos são estruturas de probabilidade.

Esta conclusão concorda com o pressuposto convencional de que não existe qualquer diferença de natureza entre a descrição dos sistemas atômicos simples através da mecânica quântica e uma possível descrição mecânico-quântica de formas mais complexas.

Contudo, ao contrário da hipótese da causalidade formativa, a teoria convencional procura explicar os sistemas complexos de baixo para cima, por assim dizer, com base nas propriedades mecânico-quânticas dos átomos.

A diferença entre estas duas abordagens torna-se mais clara quando considerada num contexto histórico.

A própria teoria quântica foi inicialmente elaborada sobretudo em relação às propriedades de sistemas simples, como os átomos de hidrogénio.

Com o passar do tempo, foram introduzidos novos princípios fundamentais para explicar observações empíricas, como as relativas à estrutura fina dos espectros luminosos emitidos pelos átomos.

Aos números quânticos originais, que caracterizavam os orbitais eletrónicos discretos, acrescentou-se outro conjunto referente ao momento angular, e depois outros ainda referentes ao «spin».

Este último é considerado uma propriedade irreduzível das partículas, tal como a carga elétrica, e possui a sua própria lei de conservação.

Na física das partículas nucleares, foram introduzidos, de forma mais ou menos *ad hoc*, ainda outros fatores irreduzíveis, como a «estranheza» e o «charme», juntamente com novas leis de

conservação, para explicar observações que não podiam ser compreendidas através dos fatores quânticos já aceites.

Além disso, a descoberta de um grande número de novas partículas subatômicas conduziu à postulação de um número cada vez maior de novos tipos de campos da matéria.

Quando tantos novos princípios físicos e campos físicos foram introduzidos para explicar as propriedades dos átomos e das partículas subatômicas, o pressuposto convencional de que nenhum novo princípio ou campo físico entra em ação em níveis de organização superiores ao do átomo parece extraordinariamente arbitrário.

Na realidade, é pouco mais do que uma relíquia do atomismo do século XIX; agora que os átomos deixaram de ser considerados unidades últimas e indivisíveis, desapareceu a justificação teórica original desse pressuposto.

Do ponto de vista da hipótese da causalidade formativa, embora o corpo existente da teoria quântica — desenvolvido em relação às propriedades dos átomos e das partículas subatômicas — esclareça muitos aspetos da natureza dos campos morfogenéticos, não pode ser extrapolado para descrever os campos morfogenéticos de sistemas mais complexos.

Não existe qualquer razão para considerar que os campos morfogenéticos dos átomos ocupam uma posição privilegiada na

ordem da natureza; são simplesmente os campos de unidades mórficas situadas num determinado nível de complexidade.

4. Processos Probabilísticos na Morfogênese Biológica

Existem muitos exemplos de processos físicos cujos resultados espaciais são probabilísticos.

Em geral, as transformações que envolvem a quebra de uma simetria ou de uma homogeneidade são indeterminadas; encontram-se exemplos nas transições de fase entre os estados gasoso e líquido e entre os estados líquido e sólido.

Se, por exemplo, um balão esférico cheio de vapor for arrefecido abaixo do ponto de saturação, na ausência de gradientes externos de temperatura e gravidade, o líquido começará por condensar-se nas paredes, mas a sua distribuição final será imprevisível e quase nunca apresentará simetria esférica.⁷

Do ponto de vista termodinâmico, podem prever-se as quantidades relativas de líquido e vapor, mas não a respetiva distribuição espacial.

Na cristalização de uma substância em condições uniformes, não é possível prever a distribuição espacial, o número nem o tamanho dos cristais. Por outras palavras, se o mesmo processo for repetido em condições idênticas, o resultado espacial diferirá em pormenor de cada vez.

As próprias formas dos cristais, embora apresentem determinada simetria, podem ser indeterminadas; os flocos de neve, que assumem uma enorme variedade de formas, proporcionam um exemplo familiar.⁸

Nas «estruturas dissipativas» dos sistemas físicos e químicos macroscópicos afastados do equilíbrio termodinâmico, flutuações aleatórias podem dar origem a padrões espaciais, como células de convecção num líquido aquecido ou faixas coloridas em soluções nas quais decorre a reação de Zhabotinsky.

As descrições matemáticas destes casos de «ordem através de flutuações», realizadas através dos métodos da termodinâmica de não equilíbrio, apresentam analogias impressionantes com as transições de fase.⁹

Estes exemplos de indeterminismo espacial provêm de processos físicos e químicos bastante simples.

Nas células vivas, os sistemas físico-químicos são muito mais complexos do que quaisquer sistemas encontrados no domínio inorgânico e incluem numerosas transições de fase potencialmente indeterminadas, bem como processos termodinâmicos de não equilíbrio.

No protoplasma existem fases cristalinas, líquidas e lipídicas em inter-relação dinâmica. Existem também numerosos tipos de macromoléculas que se reúnem em agregados cristalinos ou quase

cristalinos; membranas lipídicas que, enquanto «cristais líquidos», oscilam na fronteira entre os estados líquido e sólido, tal como acontece com os sóis e géis coloidais; potenciais elétricos através das membranas que flutuam de forma imprevisível; e «compartimentos» que contêm diferentes concentrações de iões inorgânicos e de outras substâncias, separados por membranas através das quais essas substâncias se deslocam probabilisticamente.¹⁰

Perante tamanha complexidade, o número de padrões de transformação energeticamente possíveis deverá ser enorme, existindo assim um vasto campo de ação para os campos morfogenéticos através da imposição de padrões sobre estes processos probabilísticos.

Isto não significa que toda a forma presente nos organismos vivos seja determinada pela causalidade formativa.

Alguns padrões poderão surgir através de processos aleatórios.¹¹ Outros poderão ser inteiramente explicáveis em termos de configurações de energia mínima.

Por exemplo, a forma esférica das células-ovo que flutuam livremente — como as dos ouriços-do-mar — poderá ser plenamente explicada em termos da tensão superficial da membrana celular.

Na sua obra clássica *On Growth and Form — Sobre o Crescimento e a Forma* —, publicada em 1917, Sir D'Arcy Thompson sugeriu que muitos aspetos da morfogénese biológica poderiam ser explicados através de forças físicas.

Por exemplo, o plano da divisão celular poderia ser explicado em termos da tensão superficial, que tenderia a produzir uma área de superfície mínima. Contudo, existem tantas exceções que estas interpretações simples tiveram muito pouco êxito.¹²

São necessárias outras explicações, como os campos morfogenéticos.

Importa voltar a salientar que estes campos não atuam isoladamente, mas em conjunto com as causas energéticas e químicas estudadas pelos biofísicos e bioquímicos.

O posicionamento dos microtúbulos proporciona um exemplo do modo como os campos morfogenéticos poderiam atuar no interior das células.

Os microtúbulos são pequenas estruturas semelhantes a bastonetes, formadas pela agregação espontânea de subunidades proteicas.

Desempenham um papel importante enquanto «andaimes» microscópicos no interior das células animais e vegetais: orientam processos como a divisão celular — as fibras do fuso da mitose e da

meiose são constituídas por microtúbulos — e a deposição organizada de material da parede celular nas células vegetais em diferenciação.

Também funcionam como «esqueletos» intracelulares, mantendo determinadas formas celulares, como acontece nos radiolários.¹³

Ora, se a distribuição espacial dos microtúbulos é responsável pela organização de muitos tipos diferentes de processos e estruturas no interior das células, o que controla a distribuição espacial dos próprios microtúbulos?

Se essa distribuição for controlada por outros padrões de organização,¹⁴ o problema é apenas recuado uma etapa: o que controla, por sua vez, esses padrões de organização?

Contudo, o problema não pode ser recuado indefinidamente, porque o desenvolvimento envolve um aumento da diversidade e da organização espaciais que não pode ser explicado através de padrões ou estruturas anteriores; mais cedo ou mais tarde, alguma outra coisa terá de explicar o aparecimento do padrão segundo o qual os microtúbulos se agregam.

Segundo a presente hipótese, esse padrão deve-se à ação de campos morfogenéticos específicos.

Estes campos aumentam consideravelmente a probabilidade de os microtúbulos se agregarem nas disposições apropriadas, seja diretamente, seja indiretamente através do estabelecimento de um padrão de organização anterior.

Evidentemente, a atividade organizadora dos campos depende da presença, no interior da célula, de uma solução sobressaturada de subunidades de microtúbulos e de condições físicas e químicas apropriadas à sua agregação.

Estas são condições necessárias à formação dos microtúbulos, mas não são, por si mesmas, suficientes para explicar o padrão segundo o qual estes surgem.

Poder-se-ia objetar que a ação proposta da causalidade formativa na organização dos processos probabilísticos no interior das células seria impossível por conduzir a uma violação local da segunda lei da termodinâmica.

Contudo, esta objeção não é válida.

A segunda lei da termodinâmica refere-se apenas a conjuntos constituídos por um número muito elevado de partículas, e não a processos à escala microscópica.

Além disso, aplica-se apenas a sistemas fechados: uma região de uma célula não é um sistema fechado, tal como não o são, evidentemente, os organismos vivos em geral.

Nos organismos vivos, tal como no domínio químico, os campos morfogenéticos encontram-se organizados hierarquicamente.

Os campos dos organelos — por exemplo, do núcleo celular, das mitocôndrias e dos cloroplastos — atuam ordenando os processos físico-químicos no seu interior.

Esses campos encontram-se subordinados aos campos de nível superior das células; os campos celulares, aos dos tecidos; os campos dos tecidos, aos dos órgãos; e os campos dos órgãos, ao campo morfogenético do organismo no seu conjunto.

Em cada nível, os campos atuam ordenando processos que, de outro modo, seriam indeterminados.

Por exemplo, ao nível celular, o campo morfogenético ordena a cristalização dos microtúbulos e outros processos necessários à coordenação da divisão celular.

Contudo, os planos nos quais as células se dividem poderão ser indeterminados na ausência de um campo de nível superior.

Por exemplo, nos calos formados em feridas de plantas, as células proliferam de forma mais ou menos aleatória, produzindo uma massa caótica.¹⁵

Num tecido organizado, pelo contrário, uma das funções do campo morfogenético do tecido poderá consistir em impor um

padrão aos planos de divisão celular e, desse modo, controlar a forma como o tecido cresce no seu conjunto.

O desenvolvimento dos próprios tecidos poderá ser inerentemente indeterminado em muitos aspetos, como se torna reconhecível quando estes são artificialmente isolados e cultivados em cultura de tecidos.¹⁶

Em condições normais, esse indeterminismo é restringido pelo campo de nível superior do órgão.

Na verdade, em todos os níveis dos sistemas biológicos, tal como nos sistemas químicos, as unidades mórficas isoladas comportam-se de maneira mais indeterminada do que quando fazem parte de uma unidade mórfica de nível superior.

O campo morfogenético de nível superior restringe e organiza o seu indeterminismo intrínseco.

5. Germes Morfogenéticos nos Sistemas Biológicos

Ao nível celular, os germes das transformações morfogenéticas terão de ser unidades mórficas de nível inferior existentes no interior das células.

Poderão ser organelos, agregados macromoleculares, estruturas citoplasmáticas ou membranares, ou ainda os núcleos celulares.

Em muitos casos, os núcleos poderão perfeitamente desempenhar esse papel.

Contudo, uma vez que no mesmo organismo podem ser produzidos muitos tipos diferentes de células diferenciadas, para que os núcleos funcionem como germes morfogénéticos terão de ser capazes de assumir diferentes padrões de organização nos diferentes tipos celulares.

A diferenciação de uma célula terá de ser precedida por uma diferenciação do seu núcleo, decorrente de alterações na respetiva membrana, na disposição dos cromossomas, nas associações entre proteínas e ácidos nucleicos no interior dos cromossomas, nos nucléolos ou noutros componentes.

Essas alterações poderão ser produzidas direta ou indiretamente através da ação do campo morfogénético de nível superior do tecido em diferenciação.

Existem, de facto, indícios consideráveis de que muitos tipos de diferenciação celular são precedidos por alterações nucleares.

A proposta aqui avançada diverge da interpretação habitual dessas alterações por considerar que o seu significado não é apenas químico — devido à produção de tipos especiais de ARN mensageiro —, mas também morfogénético: os núcleos modificados poderão funcionar como germes aos quais se associam os campos morfogénéticos específicos das células diferenciadas.¹⁷

Existe pelo menos um processo de morfogénese celular no qual o núcleo não pode funcionar como germe morfogenético: a divisão nuclear.

O núcleo perde a sua identidade enquanto estrutura separada quando a membrana nuclear se desagrega e desaparece.¹⁸

Os cromossomas duplicados e altamente enrolados alinham-se na região equatorial do fuso mitótico, e um conjunto completo desloca-se depois para cada polo do fuso.

Em seguida, desenvolvem-se novas membranas nucleares em torno de cada conjunto de cromossomas, formando os núcleos das células-filhas.

Os germes morfogenéticos destes processos terão de ser estruturas ou organelos extranucleares, e terão de existir dois.

Nos animais, os centríolos — organelos em forma de barril cujas paredes são constituídas por microtúbulos — poderão parecer candidatos prováveis a desempenhar esse papel, porque se encontram localizados nas proximidades dos polos do fuso das células em divisão.

Contudo, as plantas superiores não possuem centríolos.

Em ambos os casos, os «centros organizadores de microtúbulos» poderão ser responsáveis pelo desenvolvimento dos polos do fuso;

os centríolos talvez sejam apenas «passageiros» cuja distribuição igual pelas células-filhas é assegurada pela sua associação a esses centros.¹⁹

Os centríolos funcionam como centros organizadores, ou germes morfogenéticos, no desenvolvimento dos cílios e flagelos, e esse poderá ser o seu papel principal.

O desenvolvimento dos tecidos e dos órgãos envolve geralmente transformações tanto agregativas como transformativas.

Durante a morfogénese, os germes morfogenéticos terão de ser grupos de células já presentes no início do processo morfogenético; não podem ser as células especializadas que só surgem depois de o processo se ter iniciado.

Assim, é provável que os germes morfogenéticos sejam células relativamente pouco especializadas, que sofrem poucas alterações.

Nas plantas superiores, encontram-se células deste tipo, por exemplo, nas zonas apicais dos meristemas ou pontos de crescimento.²⁰

Nos rebentos, o estímulo da floração transforma os meristemas de modo a que produzam flores em vez de folhas; as zonas apicais, devidamente modificadas pelo estímulo da floração, constituem os germes morfogenéticos da formação das flores.

Nos embriões animais, os embriologistas identificaram muitos «centros organizadores» que desempenham um papel fundamental no desenvolvimento dos tecidos e órgãos; um exemplo é a crista ectodérmica apical situada na extremidade dos esboços dos membros em desenvolvimento.²¹ Estes «centros organizadores» poderão ser os germes aos quais se associam os principais campos morfogénéticos.

Tanto no domínio químico como no biológico, é possível propor, embora nem sempre identificar efetivamente, germes morfogénéticos. Contudo, muito permanece obscuro, sobretudo a razão da forma particular de cada campo morfogénético e o modo como este se associa ao respetivo germe. A análise destes problemas no capítulo seguinte conduz a uma hipótese mais completa da causalidade formativa que, embora surpreendente e pouco familiar, talvez seja menos difícil de compreender.

CAPÍTULO 5

A Influência das Formas Passadas

1. A Constância e a Repetição das Formas

Sempre que os átomos passam a existir, os elétrons preenchem repetidamente os mesmos orbitais em torno dos núcleos; os átomos combinam-se, uma e outra vez, dando origem às mesmas formas moleculares; as moléculas cristalizam repetidamente segundo os mesmos padrões; as sementes de uma determinada espécie produzem, ano após ano, plantas com a mesma aparência; geração após geração, as aranhas tecem os mesmos tipos de teia.

As formas surgem repetidamente e, em cada ocasião, cada forma é mais ou menos idêntica às suas versões anteriores. É deste facto que depende a nossa capacidade de reconhecer, identificar e dar nome às coisas.

Esta constância e repetição não apresentariam qualquer problema se leis ou princípios físicos imutáveis determinassem de maneira única todas as formas. Este pressuposto encontra-se implícito na teoria convencional da causalidade da forma.

Considera-se que esses princípios físicos fundamentais são temporalmente anteriores às formas efetivas das coisas. Em teoria, deveria ser possível calcular a maneira como uma substância química recentemente sintetizada cristalizará antes de os seus cristais surgirem pela primeira vez; do mesmo modo, os efeitos de determinada mutação no ADN de um animal ou de uma planta sobre a forma do organismo deveriam poder ser previstos antecipadamente.

Contudo, nunca se efetuaram cálculos deste género. Este pressuposto confortável não foi testado e, na prática, é impossível de testar.

Em contrapartida, segundo a hipótese da causalidade formativa, as leis conhecidas da física não determinam de maneira única as formas dos sistemas químicos e biológicos complexos. Essas leis permitem um conjunto de possibilidades entre as quais as causas formativas selecionam.

A associação repetida do mesmo tipo de campo morfogenético a determinado tipo de sistema físico-químico explica a constância e a repetição das formas. Mas o que determina, então, a forma particular do campo morfogenético?

Uma resposta possível é que os campos morfogenéticos sejam eternos. São simplesmente dados e não podem ser explicados em termos de qualquer outra coisa.

Assim, mesmo antes do aparecimento deste planeta, já existiriam em estado latente os campos morfogenéticos de todas as substâncias químicas, cristais, animais e plantas que alguma vez existiram na Terra ou que venham a surgir no futuro.

Esta resposta é essencialmente platónica, ou mesmo aristotélica, na medida em que Aristóteles acreditava na fixidez eterna das formas específicas.

Difere da teoria física convencional porque essas formas não seriam previsíveis em termos de causalidade energética; concorda, porém, com ela ao pressupor que, por detrás de todos os fenómenos empíricos, existem princípios de ordem preexistentes.

A outra resposta possível é radicalmente diferente.

As formas químicas e biológicas repetem-se não porque sejam determinadas por leis imutáveis ou por formas eternas, mas devido a uma influência causal proveniente de formas semelhantes anteriores.

Essa influência exigiria uma ação através do espaço e do tempo diferente de qualquer tipo conhecido de ação física.

Segundo esta perspetiva, a forma única assumida por um sistema não seria fisicamente determinada antes do seu primeiro aparecimento. Ainda assim, seria repetida, porque a forma do

primeiro sistema determinaria, ela própria, a forma assumida por sistemas semelhantes posteriores.

Imagine-se, por exemplo, que, entre várias formas possíveis — P, Q, R, S... —, todas igualmente prováveis do ponto de vista energético, um sistema assume por acaso a forma R na primeira ocasião.

Em ocasiões posteriores, sistemas semelhantes assumirão também a forma R devido a uma influência transespacial e transtemporal proveniente daquele primeiro sistema.

Neste caso, o que determina a forma na primeira ocasião?

Não pode ser dada uma resposta científica. A questão diz respeito a acontecimentos únicos e energeticamente indeterminados que, *ex hypothesi*, depois de ocorrerem se tornam irrepetíveis, porque eles próprios influenciam todos os acontecimentos semelhantes posteriores.

A ciência só pode ocupar-se de regularidades, de coisas repetíveis.

A escolha inicial de determinada forma poderia ser atribuída ao acaso, à criatividade inerente à matéria ou a uma agência criadora transcendente.

Contudo, não existe qualquer maneira de distinguir experimentalmente entre estas diferentes possibilidades. Uma decisão entre elas só poderia ser tomada com base em fundamentos metafísicos.

Esta questão será discutida no último capítulo do livro; para os presentes fins, porém, não importa qual destas possibilidades se prefere.

A hipótese da causalidade formativa ocupa-se apenas da repetição das formas, e não das razões do seu primeiro aparecimento.

Esta nova forma de pensar é pouco familiar e conduz-nos a território inexplorado.

Contudo, só através da sua exploração parece existir alguma esperança de alcançarmos uma nova compreensão científica da forma e da organização em geral, e dos organismos vivos em particular.

A alternativa a prosseguir seria regressar ao ponto de partida; a escolha voltaria a reduzir-se a uma fé inquestionada em futuras explicações mecanicistas ou a um organicismo metafísico ou platónico.

Na discussão seguinte, propõe-se que esta hipotética influência transespacial e transtemporal atua através dos campos

morfogenéticos e constitui uma característica essencial da causalidade formativa.

2. A Possibilidade Geral de Ligações Causais Transtemporais

Embora a hipótese da causalidade formativa proponha um novo tipo de ligação causal transtemporal, ou diacrónica, até agora não reconhecida pela ciência, a possibilidade de uma «ação à distância» no tempo já foi considerada em termos gerais por vários filósofos.

Não parece existir qualquer razão *a priori* para a excluir.

John Mackie, por exemplo, escreveu:

Embora nos sintamos mais confortáveis com relações contíguas entre causa e efeito, e consideremos desconcertante a «ação à distância» através de um intervalo espacial ou temporal, não a excluimos.

O nosso conceito comum de causalidade não exige absolutamente a contiguidade; esta não faz parte da nossa ideia de causalidade de tal modo que a afirmação «C causou E através de um intervalo espacial, temporal ou simultaneamente espacial e temporal, sem ligações intermédias» constitua uma contradição nos termos.¹

Além disso, do ponto de vista da filosofia da ciência, nada impede que sejam considerados novos tipos de ligação causal:

A teoria científica em geral não pressupõe nenhum modo específico de ligação causal entre acontecimentos, mas apenas que seja possível encontrar leis e hipóteses, expressas em termos de algum modelo, que satisfaçam os critérios de inteligibilidade, confirmação e falseabilidade.

O modo da ligação causal em cada caso é revelado pelo modelo e modifica-se quando ocorrem alterações fundamentais no modelo.

— Mary Hesse²

Contudo, embora o novo tipo de ligação causal proposto pela hipótese da causalidade formativa pareça possível em princípio, a plausibilidade desta hipótese só poderá ser avaliada depois de as previsões dela deduzidas terem sido testadas empiricamente.

3. Ressonância Mórfica

A ideia de um processo através do qual as formas dos sistemas anteriores influenciam a morfogénese de sistemas semelhantes posteriores é difícil de exprimir através dos conceitos existentes.

A única maneira de avançar é por analogia.

A analogia física que parece mais apropriada é a da ressonância.

A ressonância energética ocorre quando uma força alternada que atua sobre um sistema coincide com a sua frequência natural de vibração.

Entre os exemplos encontram-se a vibração «por simpatia» de cordas esticadas em resposta a ondas sonoras apropriadas; a sintonização dos aparelhos de rádio com a frequência das ondas radioelétricas emitidas pelos transmissores; a absorção, por átomos e moléculas, de ondas luminosas de determinadas frequências, produzindo os seus espectros de absorção característicos; e a resposta dos eletrões e dos núcleos atômicos, na presença de campos magnéticos, à radiação eletromagnética na ressonância de spin eletrónico e na ressonância magnética nuclear.

Todos estes tipos de ressonância possuem em comum o princípio da seletividade: perante uma mistura de vibrações, por mais complexa que seja, os sistemas respondem apenas a determinadas frequências.

Um efeito ressonante da forma sobre a forma através do espaço e do tempo assemelhar-se-ia à ressonância energética na sua seletividade, mas não poderia ser explicado através de nenhum dos tipos conhecidos de ressonância, nem envolveria qualquer transmissão de energia.

Para o distinguir da ressonância energética, este processo será chamado **ressonância mórfica**.

A ressonância mórfica é também análoga à ressonância energética noutro aspeto: ocorre entre sistemas vibratórios.

Os átomos, as moléculas, os cristais, os organelos, as células, os tecidos, os órgãos e os organismos são todos constituídos por partes em oscilação incessante, e todos possuem padrões característicos próprios de vibração e de ritmo interno; as unidades mórficas são dinâmicas, não estáticas.³

Contudo, enquanto a ressonância energética depende apenas da especificidade da resposta a determinadas frequências — a estímulos «unidimensionais»⁴ —, a ressonância mórfica depende de padrões tridimensionais de vibração.

Através da ressonância mórfica, a forma de um sistema — incluindo a sua estrutura interna característica e as suas frequências vibratórias — torna-se presente num sistema posterior de forma semelhante; o padrão espaciotemporal do primeiro sobrepõe-se ao segundo.

A ressonância mórfica ocorre através dos campos morfogenéticos e dá origem, na realidade, às suas estruturas características.

Um campo morfogenético específico não só influencia a forma de um sistema — como foi discutido no capítulo anterior —, como a forma desse sistema influencia também o campo morfogenético e, através dele, torna-se presente em sistemas semelhantes posteriores.

4. A Influência do Passado

A ressonância mórfica não é energética, e os próprios campos morfogenéticos não constituem uma forma de massa nem de energia.

Não parece, portanto, existir qualquer razão *a priori* para que tenham de obedecer às leis que se verificou regerem o movimento dos corpos, partículas e ondas.

Em particular, a ressonância mórfica não terá necessariamente de ser atenuada pela separação espacial ou temporal entre sistemas semelhantes; poderá ser tão eficaz a uma distância de dez mil quilómetros como a um centímetro, e ao fim de um século como ao fim de uma hora.

O pressuposto de que a ressonância mórfica não é atenuada pelo tempo nem pelo espaço será adotado, por razões de simplicidade, como hipótese de trabalho provisória.

Também se pressuporá, por razões de simplicidade, que a ressonância mórfica atua apenas a partir do passado; isto é, que só as unidades mórficas que já existiram efetivamente podem exercer uma influência mórfica no presente.

A ideia de que sistemas futuros, que ainda não existem, possam exercer uma influência causal «para trás» no tempo será talvez logicamente concebível;⁵ contudo, só se existissem indícios

empíricos convincentes de uma influência física proveniente de unidades mórficas futuras seria necessário considerar seriamente essa possibilidade.⁶

Admitindo, porém, que a ressonância mórfica atua apenas a partir de unidades mórficas passadas e que não é atenuada pela passagem do tempo nem pela distância, como poderá ocorrer?

O processo pode ser visualizado através de várias metáforas diferentes.

A influência mórfica de um sistema passado poderia tornar-se presente num sistema semelhante posterior atravessando uma região situada «para além» do espaço-tempo e «reentrando» onde e quando surgisse um padrão semelhante de vibração.

Poderia ainda estabelecer-se através de outras «dimensões».

Poderia atravessar um «túnel» espaciotemporal, emergindo inalterada na presença de um sistema semelhante posterior.

Ou a influência mórfica dos sistemas passados poderia simplesmente estar presente em toda a parte.

Contudo, estas diferentes formas de conceber a ressonância mórfica provavelmente não poderiam ser distinguidas experimentalmente umas das outras.

Todas teriam a mesma consequência: as formas dos sistemas passados tornar-se-iam automaticamente presentes em sistemas semelhantes posteriores.

A ressonância mórfica conduziria ao reforço da semelhança.

Uma implicação imediata desta hipótese é que determinado sistema poderia ser influenciado por todos os sistemas passados dotados de uma forma e de um padrão vibratório semelhantes.

Ex hypothesi, a influência desses sistemas passados não é atenuada pela separação temporal nem espacial.

Contudo, a capacidade dos sistemas passados para influenciarem sistemas posteriores poderia enfraquecer-se ou esgotar-se através da ação; talvez dispusessem apenas de um potencial limitado de influência, que seria consumido na ressonância mórfica.

Esta possibilidade será discutida na Secção 5 deste Capítulo.

Consideremos primeiro, porém, a possibilidade de a sua ação potencial não ser reduzida dessa maneira, com a consequência de as formas de todos os sistemas passados influenciarem todos os sistemas semelhantes posteriores (Fig. 12).

Este postulado possui várias consequências importantes:

(i) O primeiro sistema com determinada forma influencia o segundo sistema desse tipo; depois, tanto o primeiro como o segundo influenciam o terceiro, e assim sucessivamente, de forma cumulativa.

Durante este processo, a influência direta de determinado sistema sobre qualquer sistema posterior torna-se progressivamente diluída com o passar do tempo.

Embora o seu efeito absoluto não diminua, o seu efeito relativo reduz-se à medida que aumenta o número total de sistemas semelhantes passados (Fig. 12).

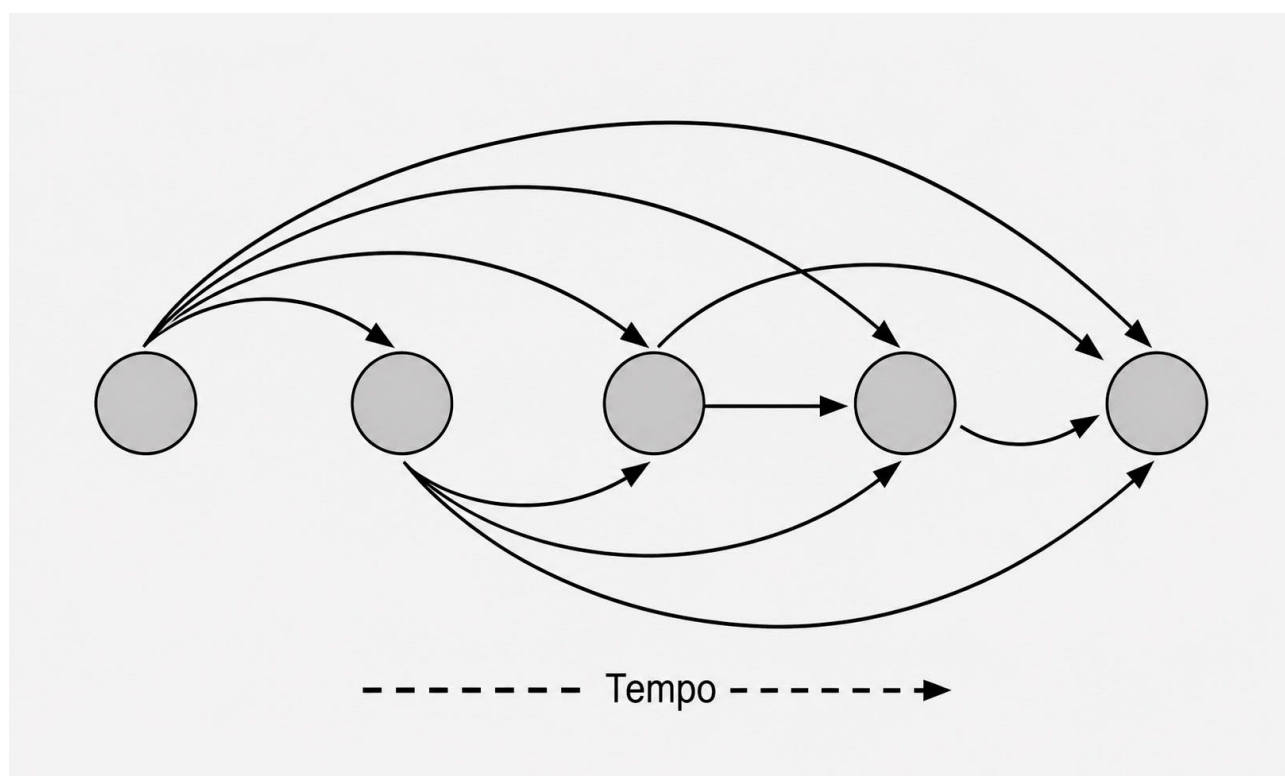


Figura 12 — Diagrama que ilustra a influência cumulativa dos sistemas passados sobre sistemas semelhantes posteriores através da ressonância mórfica.

(ii) As formas até das unidades mórficas químicas mais simples são variáveis.

As partículas subatômicas encontram-se em movimento vibratório incessante, e os átomos e moléculas estão sujeitos a deformações resultantes de colisões mecânicas e de campos elétricos e magnéticos.

As unidades mórficas biológicas são ainda mais variáveis. Mesmo quando células e organismos possuem a mesma constituição genética e se desenvolvem nas mesmas condições, não são idênticos em todos os aspetos.

Através da ressonância mórfica, as formas de todos os sistemas passados semelhantes tornam-se presentes num sistema posterior de forma semelhante.

Mesmo admitindo que sejam compensadas as diferenças de tamanho absoluto — ver Secção 3 Cap.6 —, muitas dessas formas diferirão umas das outras nos pormenores.

Por conseguinte, não coincidirão exatamente quando forem sobrepostas através da ressonância mórfica.

O resultado será um processo de média automática, através do qual serão reforçadas as características partilhadas pelo maior número de sistemas passados.

Contudo, esta forma «média» não estará nitidamente definida no interior do campo morfogenético, mas será envolvida por uma espécie de «esbatimento» causado pelos efeitos das variantes menos comuns.

Este processo pode ser visualizado mais facilmente por analogia com as «fotografias compostas», produzidas através da sobreposição de imagens fotográficas de diferentes indivíduos.

Em consequência desta sobreposição, as características comuns são reforçadas; contudo, devido às diferenças entre as imagens individuais, as fotografias «médias» não ficam nitidamente definidas (Figs. 13 e 14).



Figura 13 — Retratos fotográficos, de frente e de perfil, de três irmãs, acompanhados pelas respectivas imagens compostas. Estas fotografias são de Francis Galton, que inventou a técnica da fotografia composta há mais de um século. (De Pearson, 1924. Reproduzido por cortesia da Cambridge University Press.)



Figura 14 — Em cima: fotografias compostas de oficiais e soldados dos Royal Engineers, realizadas por Francis Galton. (De Pearson, 1924. Reproduzido por cortesia da Cambridge University Press.) Em baixo: fotografias compostas de trinta mulheres e quarenta e cinco homens pertencentes ao pessoal do Instituto John Innes, em Norwich. (Reproduzido por cortesia do Instituto John Innes.)

(iii) A média automática das formas passadas produzirá uma distribuição espacial de probabilidade no interior do campo morfogenético ou, por outras palavras, uma estrutura de probabilidade (Secção 3 Cap. 4).

A estrutura de probabilidade de um campo morfogenético determina o estado provável de determinado sistema sob a sua influência, de acordo com os estados efetivos de todos os sistemas semelhantes do passado.

A forma mais provável que o sistema assumirá será aquela que já ocorreu com maior frequência.

(iv) Nos primeiros estádios da história de uma forma, o campo morfogenético estará relativamente mal definido e será significativamente influenciado pelas variantes individuais.

Contudo, com o passar do tempo, a influência cumulativa de inúmeros sistemas anteriores conferirá uma estabilidade cada vez maior ao campo; quanto mais provável se tornar o tipo médio, maior será a probabilidade de ele voltar a repetir-se no futuro.

Por outras palavras, no início, a bacia de atração do campo morfogenético será relativamente pouco profunda, mas tornar-se-á progressivamente mais funda à medida que aumentar o número de sistemas que contribuem para a ressonância mórfica.

Ou, recorrendo ainda a outra metáfora, através da repetição, a forma entra num sulco, e quanto mais vezes for repetida, mais fundo esse sulco se tornará.

(v) A intensidade da influência que determinado sistema exerce sobre sistemas semelhantes posteriores dependerá provavelmente do período durante o qual ele sobrevive.

Um sistema que continue a existir durante um ano poderá exercer maior influência do que outro que se desintegre ao fim de um segundo.

Assim, a média automática poderá ser «ponderada» em favor das formas passadas mais duradouras.

(vi) No início de um processo morfogenético, o germe morfogenético entra em ressonância mórfica com sistemas semelhantes passados que fazem parte de unidades mórficas de nível superior; deste modo, associa-se ao campo morfogenético da unidade mórfica de nível superior (Secção 1 Cap.4).

Representemos o germe morfogenético pela unidade mórfica F e a forma final para a qual o sistema é atraído por D-E-F-G-H. Representemos os estádios intermédios da morfogénese como na Fig. 15.

Ora, não só o germe morfogenético e os estádios intermédios entrarão em ressonância mórfica com a forma final de sistemas semelhantes anteriores, como também os estádios intermédios entrarão em ressonância mórfica com estádios intermédios semelhantes — E-F, D-E-F, etc. — de morfogéneses semelhantes anteriores.

Esses estádios serão, portanto, estabilizados através da ressonância mórfica, dando origem a um creodo.

Quanto mais frequentemente for seguido este percurso específico de morfogénese, mais esse creodo será reforçado.

Nos termos do modelo da «paisagem epigenética» (Fig. 5), o vale do creodo tornar-se-á tanto mais fundo quanto mais vezes o desenvolvimento passar por ele.

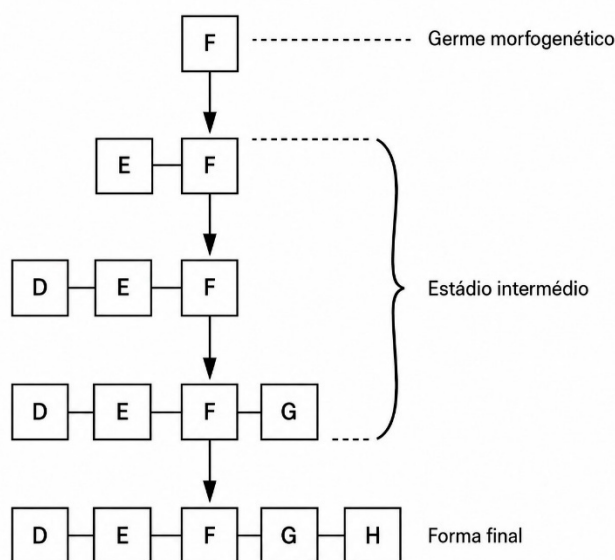


Figura 15 — Diagrama que representa os estádios da morfogénese agregativa da unidade mórfica D-E-F-G-H a partir do germe morfogénético F.

5. Implicações de Uma Ressonância Mórfica Atenuada

A discussão da secção anterior baseou-se no pressuposto de que a influência mórfica de determinado sistema não se esgota através da sua ação sobre sistemas semelhantes posteriores, embora o seu

efeito relativo se dilua à medida que aumenta o número de sistemas semelhantes.

Consideraremos agora a possibilidade alternativa de essa influência se esgotar de algum modo.

Caso esse esgotamento ocorresse, só seria detetável se a sua velocidade fosse muito elevada.

Consideremos primeiro o caso extremo em que a influência de determinado sistema é consumida através da ressonância mórfica com apenas um sistema posterior.

Se o número de sistemas semelhantes aumentasse com o tempo, a maioria deles não seria influenciada através da ressonância mórfica por sistemas semelhantes anteriores (Fig. 16A).

Ficariam, por conseguinte, livres para assumir formas diferentes por «acaso» ou «criatividade», podendo as suas formas revelar-se muito variáveis.

Consideremos agora o caso em que cada sistema pode influenciar dois sistemas posteriores.

Na situação representada pela Fig. 16B, a maioria das formas posteriores seria estabilizada pela ressonância mórfica, mas não todas.

Se cada sistema influenciasse três sistemas posteriores, todos seriam estabilizados; só surgiria uma instabilidade de forma se o número de sistemas semelhantes posteriores aumentasse ainda mais rapidamente, como numa explosão populacional.

Se cada sistema influenciasse muitos sistemas posteriores, esta taxa reduzida, mas finita, de esgotamento da influência mórfica seria praticamente indetetável.

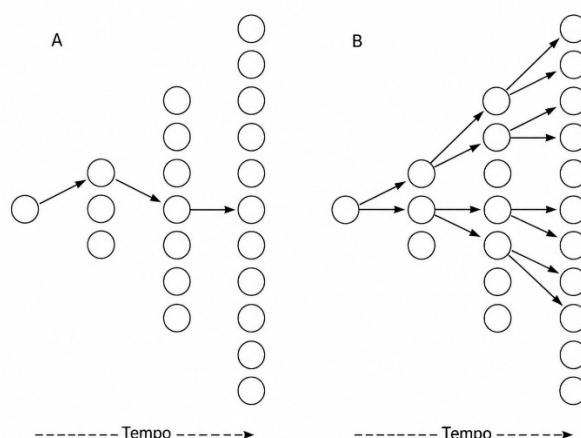


Figura 16 — Diagrama que ilustra situações nas quais a influência dos sistemas anteriores se esgota através da ressonância mórfica com apenas um sistema posterior (A) ou com dois sistemas posteriores (B).

Por razões de simplicidade, pressupor-se-á que a influência mórfica dos sistemas sobre sistemas semelhantes posteriores não se esgota; contudo, este pressuposto é provisório.

A questão poderá vir a ser investigada empiricamente, pelo menos ao ponto de distinguir entre uma taxa rápida de esgotamento da influência mórfica, por um lado, e uma taxa lenta ou nula, por outro.

6. Um Teste Experimental Com Cristais

Segundo a teoria convencional, as formas únicas dos sistemas químicos e biológicos deveriam ser previsíveis através dos princípios da mecânica quântica, do eletromagnetismo, da causalidade energética, etc., antes de surgirem pela primeira vez.

Em contrapartida, segundo a hipótese da causalidade formativa, as formas únicas não poderão ser previstas antecipadamente; só será possível prever um conjunto de formas possíveis.

Assim, em princípio, o facto de a teoria convencional não produzir previsões únicas constituiria um indício contra ela e a favor da hipótese da causalidade formativa.

Na prática, contudo, essa falha nunca poderia ser conclusiva: só são viáveis cálculos aproximados e, por conseguinte, os defensores da teoria convencional poderão sempre argumentar que previsões únicas talvez se tornem possíveis se, no futuro, forem efetuados cálculos mais refinados.

Felizmente, a hipótese da causalidade formativa difere da teoria convencional num segundo aspeto importante.

Segundo esta última, as leis que dão origem a uma forma na primeira, na centésima ou na mil milionésima ocasião deveriam atuar exatamente da mesma maneira, uma vez que se pressupõe que são imutáveis.

A mesma expectativa decorre das teorias que procuram explicar as formas empiricamente observáveis através de formas arquetípicas eternas ou de verdades matemáticas transcendentais.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, porém, a forma de um sistema depende da influência mórfica cumulativa de sistemas semelhantes anteriores.

Assim, esta influência será mais forte na mil milionésima ocasião do que na milésima ou na décima.

Se este aspeto cumulativo da causalidade formativa puder ser demonstrado empiricamente, a hipótese poderá ser distinguida tanto da teoria convencional como das teorias de tipo platónico ou pitagórico.

No caso das unidades mórficas que existem há muito tempo — milhares de milhões de anos, no caso do átomo de hidrogénio —, o campo morfogenético estará tão bem estabelecido que será, na prática, imutável.

Mesmo os campos das unidades mórficas que surgiram há poucas décadas poderão estar sujeitos à influência de tantos sistemas passados que quaisquer incrementos dessa influência serão demasiado pequenos para poderem ser detetados.

Contudo, no caso de formas inteiramente novas, talvez seja possível detectar experimentalmente uma influência mórfica cumulativa.

Consideremos uma substância química orgânica recentemente sintetizada que nunca tenha existido anteriormente.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, a sua forma cristalina não poderá ser prevista antecipadamente, e ainda não existirá qualquer campo morfogenético correspondente a essa forma.

Contudo, depois de cristalizar pela primeira vez, a forma dos seus cristais influenciará as cristalizações posteriores através da ressonância mórfica; quanto mais vezes for cristalizada, mais forte deverá tornar-se essa influência.

Assim, na primeira ocasião, a substância poderá revelar grande dificuldade em cristalizar; nas ocasiões seguintes, porém, a cristalização deverá ocorrer com uma facilidade cada vez maior, à medida que um número crescente de cristais passados contribua, através da ressonância mórfica, para o seu campo morfogenético.

Na realidade, os químicos que sintetizam substâncias inteiramente novas enfrentam muitas vezes grandes dificuldades para conseguir que estas cristalizem.

Contudo, à medida que o tempo passa, essas substâncias tendem a cristalizar com uma facilidade cada vez maior.

Por vezes, decorrem muitos anos antes de surgirem os primeiros cristais.

Por exemplo, a turanose, um tipo de açúcar, foi considerada líquida durante décadas; contudo, depois de cristalizar pela primeira vez na década de 1920, começou a formar cristais em todo o mundo.⁷

Ainda mais impressionantes são os casos em que surge um tipo de cristal que depois é substituído por outro.

Por exemplo, o xilitol, um álcool de açúcar utilizado como adoçante em pastilhas elásticas, foi preparado pela primeira vez em 1891 e considerado líquido até 1942, quando cristalizou uma forma com um ponto de fusão de 61 °C.

Vários anos depois, surgiu outra forma, com um ponto de fusão de 94 °C, e, a partir de então, deixou de ser possível produzir novamente a primeira forma.⁸

Os cristais do mesmo composto que existem sob formas diferentes são chamados **polimorfos**.

Em muitos casos, podem coexistir, como a calcite e a aragonite, ambas formas cristalinas do carbonato de cálcio, ou como a grafite e o diamante, ambas formas cristalinas do carbono.

Contudo, por vezes, como no caso do xilitol, o aparecimento de um novo polimorfo pode substituir um anterior.

Este princípio é ilustrado pelo seguinte relato, retirado de um manual de cristalografia, acerca do aparecimento espontâneo e inesperado de um novo tipo de cristal:

Há cerca de dez anos, uma empresa explorava uma fábrica onde eram produzidos, a partir de uma solução aquosa, grandes cristais individuais de tartarato de etilenodiamina.

Os cristais eram transportados dessa fábrica por muitos quilómetros para outra, onde eram cortados e polidos para utilização industrial.

Um ano depois da abertura da fábrica, os cristais existentes nos tanques de crescimento começaram a desenvolver-se de forma deficiente; cristais de outra coisa aderiam-lhes — algo que crescia ainda mais rapidamente.

A afeção depressa se propagou à outra fábrica: os cristais cortados e polidos começaram também a manifestar a doença nas suas superfícies [...]

O material pretendido era tartarato de etilenodiamina anidro, e o material indesejado revelou-se ser o monoidrato da mesma substância.

Durante três anos de investigação e desenvolvimento, seguidos de outro ano de produção, não se formou qualquer semente do monoidrato. Depois disso, parecia estar em toda a parte.
— A. Holden e P. Singer⁹

Estes autores sugerem que, noutros planetas, certos tipos de cristal comuns na Terra talvez ainda não tenham surgido, acrescentando:

Talvez, no nosso próprio mundo, muitas outras espécies sólidas possíveis continuem desconhecidas, não porque faltem os seus constituintes, mas simplesmente porque ainda não apareceram sementes apropriadas.¹⁰

A substituição de um polimorfo por outro constitui um problema recorrente na indústria farmacêutica.

Por exemplo, o antibiótico ampicilina foi inicialmente cristalizado sob a forma de monoidrato, contendo uma molécula de água de cristalização por cada molécula de ampicilina.

Na década de 1960, começou a cristalizar sob a forma de tri-hidrato, com uma estrutura cristalina diferente, e, apesar de esforços persistentes, nunca mais foi possível produzir o monoidrato.¹¹

O ritonavir, um medicamento para a SIDA produzido pelos Laboratórios Abbott, foi introduzido em 1996.

O medicamento encontrava-se no mercado há dezoito meses quando, subitamente, durante o processo de fabrico, os engenheiros químicos descobriram um polimorfo até então desconhecido.

Ninguém sabia o que causara a alteração, e a equipa da Abbott não conseguiu encontrar uma maneira de impedir a formação do novo polimorfo.

Poucos dias depois da sua descoberta, este já dominava as linhas de produção.

Embora os dois polimorfos possuíssem a mesma fórmula química, a diferença estrutural entre eles tinha consequências para os pacientes.

A segunda forma era apenas metade tão solúvel como a primeira; por conseguinte, os pacientes que tomassem as doses normalmente prescritas não absorveriam uma quantidade suficiente do medicamento.

A Abbott teve de retirar o ritonavir do mercado.

A empresa iniciou então um programa de emergência para tentar recuperar o polimorfo original.

Acabou por conseguir produzir novamente a primeira forma, mas não conseguiu fazê-lo de modo fiável, obtendo continuamente misturas das duas formas.

Por fim, decidiu reformular o medicamento utilizando o segundo polimorfo, sob a forma de uma cápsula de gel líquido que continha o medicamento dissolvido.

A empresa gastou centenas de milhões de dólares na tentativa de recuperar o primeiro polimorfo e perdeu, segundo as estimativas, 250 milhões de dólares em vendas durante o ano em que o medicamento foi retirado.¹²

A incapacidade dos químicos para controlar certos tipos de cristalização constitui um desafio sério.

A perda de controlo é, de facto, perturbadora e poderá mesmo pôr em causa o critério da reprodutibilidade enquanto condição para que um fenómeno seja aceite como digno de investigação científica.¹³

Seria de esperar uma reprodutibilidade completa se se pressupusesse que todas as leis da natureza são eternas e idênticas em todos os momentos e lugares.

Contudo, o desaparecimento de polimorfos torna claro que a química não é intemporal.

É histórica e evolutiva, tal como a biologia.

Aquilo que acontece agora depende do que aconteceu anteriormente.

A explicação mais evidente para o desaparecimento dos polimorfos é que as novas formas eram termodinamicamente mais estáveis e, por conseguinte, surgiram de preferência às formas anteriores.

Em competição umas com as outras, as novas formas venceram.

Antes de as novas formas existirem, não havia competição; depois de terem surgido, começaram a aparecer em laboratórios de todo o mundo, e as formas anteriores desapareceram.

Como comentou o químico norte-americano Charles P. Saylor, era «como se as sementes de cristalização, sob a forma de poeira, tivessem sido transportadas pelos ventos de uma extremidade à outra da Terra».¹⁴

Não há dúvida de que pequenos fragmentos de cristais anteriores podem funcionar como «sementes» ou «núcleos» e facilitar o processo de cristalização a partir de uma solução sobressaturada.

É por isso que os químicos sempre pressupuseram que a propagação de novos processos de cristalização depende da

transferência de sementes entre laboratórios, como uma espécie de infecção.

Uma das histórias favoritas do folclore da química afirma que essas sementes são transportadas pelo mundo, de laboratório em laboratório, por cientistas migrantes, sobretudo por químicos com barba, que, nas palavras de um professor de engenharia química da Universidade de Cambridge, «podem albergar núcleos para praticamente qualquer processo de cristalização».¹⁵

Em alternativa, supõe-se que as sementes cristalinas tenham sido transportadas pela atmosfera sob a forma de partículas microscópicas de poeira e depois se tenham depositado em recipientes de cristalização, onde catalisaram a cristalização da nova substância.

A formação de novos tipos de cristal proporciona, portanto, uma forma de testar a hipótese da ressonância mórfica.

Segundo o pressuposto convencional, os cristais não deveriam formar-se mais facilmente num laboratório na Austrália depois de terem sido produzidos num laboratório na Grã-Bretanha, caso se excluíssem rigorosamente os visitantes provenientes do laboratório britânico e se filtrassem as partículas de poeira da atmosfera.

Se, na realidade, se formassem mais rapidamente, esse resultado favoreceria a ressonância mórfica.

Os efeitos da ressonância mórfica poderiam ser investigados comparando a cristalização de várias substâncias químicas recentemente sintetizadas — digamos, quatro.

Determinar-se-ia, em condições padronizadas, a velocidade de formação dos cristais.

Depois, selecionar-se-ia aleatoriamente um desses quatro compostos, que seria produzido em grandes quantidades e repetidamente cristalizado.

Em seguida, num laboratório diferente, situado a centenas de quilômetros de distância, os quatro compostos seriam novamente cristalizados nas mesmas condições padronizadas utilizadas anteriormente.

A hipótese da causalidade formativa preveria que o composto aleatoriamente selecionado cristalizasse agora mais rapidamente do que antes, ao passo que a velocidade de cristalização dos outros três deveria revelar pouca ou nenhuma alteração.

Outras experiências com cristais são discutidas no Apêndice A e nas Secções 2 e 3 do Apêndice A.

Exemplos de possíveis experiências com sistemas biológicos serão discutidos nas Secções 4, 6, 9 do Capítulo 7, e 2 e 4 do Capítulo 11.

CAPÍTULO 6

Causalidade Formativa e Morfogénese

1. Morfogéneses Sequenciais

Depois de as partículas subatômicas se agregarem para formar átomos, estes podem combinar-se em moléculas, e as moléculas em cristais. Os cristais conservam então a sua forma indefinidamente, desde que a temperatura permaneça abaixo do respetivo ponto de fusão. Nos organismos vivos, pelo contrário, os processos morfogenéticos prosseguem indefinidamente através dos ciclos incessantemente repetidos de crescimento e reprodução.

Os organismos vivos mais simples são constituídos por células individuais, cujo crescimento é seguido pela divisão, e cuja divisão é seguida por novo crescimento. Assim, os germes morfogenéticos dos creodos de divisão terão de surgir no interior das formas finais das células plenamente desenvolvidas; e as células recém-divididas funcionam como pontos de partida para os creodos de crescimento e desenvolvimento celular.

Nos organismos multicelulares, estes ciclos prosseguem apenas em algumas células, por exemplo, nas linhagens germinativas, nas células estaminais e nas células meristemáticas. Outras células —

e, na verdade, tecidos e órgãos inteiros — desenvolvem-se numa variedade de estruturas especializadas que sofrem poucas alterações morfogénéticas posteriores: deixam de crescer, embora possam conservar a capacidade de regenerar após sofrerem danos; e, mais cedo ou mais tarde, morrem. Na realidade, poderão ser mortais precisamente porque deixam de crescer.¹

O desenvolvimento dos organismos multicelulares ocorre através de uma série de estádios controlados por uma sucessão de campos morfogénéticos. Inicialmente, os tecidos embrionários desenvolvem-se sob o controlo de campos embrionários primários. Depois, mais cedo — no desenvolvimento «em mosaico» — ou mais tarde — no desenvolvimento «regulativo» —, diferentes regiões ficam sob a influência de campos secundários: nos animais, os campos dos membros, olhos, ouvidos, etc.; nas plantas, os das folhas, pétalas, estames, etc.

De modo geral, a morfogénese produzida pelos campos primários não é espetacular, mas possui uma importância fundamental, porque estabelece as diferenças características entre as células de diferentes regiões, permitindo-lhes funcionar como germes morfogénéticos dos campos dos órgãos.

Nos tecidos que se desenvolvem sob a influência desses campos surgem depois germes de campos subsidiários, que controlam a morfogénese das estruturas no interior do órgão considerado como um todo: numa folha, o limbo, as estípulas, o pecíolo, etc.; num olho, a córnea, a íris, o cristalino, etc.

Entram então em ação campos morfogenéticos de níveis ainda inferiores: por exemplo, os campos responsáveis pela diferenciação vascular no interior do limbo de uma folha e pela diferenciação dos estomas e das células pilosas na sua superfície.

Estes campos podem ser — e têm sido — investigados experimentalmente através do estudo da capacidade dos organismos em desenvolvimento para regularem a sua forma após danos causados em diferentes regiões dos tecidos embrionários e depois do enxerto de tecidos retirados de uma região noutra.

Tanto nos embriões animais como nas zonas meristemáticas das plantas, à medida que a diferenciação dos tecidos progride, as diferentes regiões comportam-se com uma autonomia crescente; o sistema como um todo perde a capacidade de regulação, mas ocorrem regulações locais no interior dos órgãos em desenvolvimento, à medida que campos secundários cada vez mais numerosos substituem os campos embrionários primários.²

2. A Polaridade dos Campos Morfogenéticos

A maioria das unidades mórficas biológicas apresenta polaridade em pelo menos uma direção. Os respetivos campos morfogenéticos, que contêm formas virtuais polarizadas, assumirão automaticamente orientações adequadas se os seus germes morfogenéticos forem também intrinsecamente polarizados; caso contrário, terá primeiro de lhes ser imposta uma polaridade.

Por exemplo, as células-ovo esféricas da alga *Fucus* não possuem polaridade intrínseca, e o seu desenvolvimento só pode começar depois de terem sido polarizadas por um entre vários estímulos direcionais, incluindo a luz, gradientes químicos e correntes elétricas; na ausência desses estímulos, a polaridade é assumida ao acaso, presumivelmente devido a flutuações fortuitas.

Quase todos os organismos multicelulares apresentam polaridade numa direção rebento-raiz ou cabeça-cauda; muitos possuem também uma segunda direção, ventral-dorsal, e alguns apresentam polaridade nas três direções: cabeça-cauda, ventral-dorsal e esquerda-direita.

Estes últimos são, por conseguinte, assimétricos e potencialmente capazes de existir sob formas que constituem imagens especulares umas das outras; por exemplo, a maioria das pessoas tem o coração do lado esquerdo, mas algumas têm-no do lado direito. Na condição conhecida como *situs inversus totalis*, a posição de todos os órgãos torácicos e abdominais encontra-se invertida.

As estruturas bilateralmente simétricas ocorrem necessariamente sob formas direitas e esquerdas, como acontece, por exemplo, com a mão direita e a mão esquerda. Estas formas especulares possuem a mesma morfologia e desenvolvem-se, presumivelmente, sob a influência do mesmo campo morfogenético. O campo limita-se a assumir a orientação especular do germe morfogenético ao qual fica associado.

Assim, tanto os sistemas anteriores orientados para a direita como os orientados para a esquerda influenciam, através da ressonância mórfica, os sistemas posteriores de ambas as orientações.

Esta interpretação é apoiada por alguns factos bem conhecidos da bioquímica. As moléculas dos aminoácidos e dos açúcares são assimétricas e podem existir sob formas orientadas para a esquerda ou para a direita. Contudo, nos organismos vivos, todos os aminoácidos presentes nas proteínas apresentam orientação esquerda, enquanto a maioria dos açúcares apresenta orientação direita.

A perpetuação destas assimetrias químicas é possibilitada pelas estruturas assimétricas das enzimas que catalisam a síntese dessas moléculas.

Na natureza, a maioria dos aminoácidos e açúcares raramente ocorre — se é que ocorre — fora dos organismos vivos. Por conseguinte, estas formas assimétricas específicas deverão contribuir de forma esmagadora, através da ressonância mórfica, para os campos morfogenéticos das moléculas.

No entanto, quando são sintetizadas artificialmente, obtêm-se proporções iguais das formas orientadas para a direita e para a esquerda, o que indica que os campos morfogenéticos não possuem uma orientação especular intrínseca.

3. A Dimensão dos Campos Morfogenéticos

As dimensões de determinadas unidades mórficas atômicas e moleculares são mais ou menos constantes; o mesmo acontece com as redes cristalinas, embora estas se repitam indefinidamente, dando origem a cristais de diferentes dimensões.

As unidades mórficas biológicas são mais variáveis: não só existem diferenças entre células, órgãos e organismos de determinados tipos, como as próprias unidades mórficas individuais mudam de dimensão à medida que crescem.

Para que possa ocorrer ressonância mórfica proveniente de sistemas passados dotados de formas semelhantes, mas de dimensões diferentes, e para que determinado campo morfogenético possa permanecer associado a um sistema em crescimento, as formas terão de poder ser «ampliadas» ou «reduzidas» no interior do campo morfogenético.

Assim, as suas características essenciais deverão depender não das posições absolutas, mas das posições relativas das partes que as constituem, bem como das respectivas frequências relativas de vibração.

Uma analogia simples é proporcionada pela música produzida quando uma gravação é reproduzida a diferentes velocidades: continua a ser reconhecível, apesar das alterações absolutas de

todas as tonalidades e ritmos, porque as relações entre as notas e os ritmos permanecem as mesmas.

Embora os campos morfogenéticos possam ser ajustáveis quanto à sua dimensão absoluta, o intervalo dentro do qual a dimensão de um sistema pode variar é limitado por severas restrições físicas.

Nos sistemas tridimensionais, as alterações da área de superfície e do volume variam, respetivamente, segundo o quadrado e o cubo das dimensões lineares. Este facto simples significa que os sistemas biológicos não podem ser ampliados ou reduzidos indefinidamente sem se tornarem instáveis.³

4. A Especificidade Crescente da Ressonância Mórfica Durante a Morfogénese

A ressonância energética não é um processo de «tudo ou nada»: um sistema entra em ressonância em resposta a um intervalo de frequências mais ou menos próximas da sua frequência natural, embora a resposta máxima só ocorra quando a frequência coincide com a sua própria frequência.

De modo análogo, a ressonância mórfica poderá estar mais ou menos precisamente «sintonizada», ocorrendo com a maior especificidade quando as formas dos sistemas passados e presentes apresentam a maior semelhança.

Quando um germe morfogenético entra em ressonância mórfica com as formas de inúmeros sistemas anteriores de nível superior, essas formas não coincidem exatamente, mas dão origem a uma estrutura de probabilidade.

À medida que ocorrem os primeiros estádios da morfogénese, determinadas estruturas atualizam-se em lugares específicos no interior das regiões definidas pela estrutura de probabilidade.

O sistema possui agora uma forma mais desenvolvida e mais bem definida e, por conseguinte, assemelhar-se-á mais estreitamente às formas de alguns sistemas anteriores semelhantes do que às de outros; a ressonância mórfica proveniente dessas formas será mais específica e, portanto, mais eficaz.

À medida que o desenvolvimento prossegue, a seletividade da ressonância mórfica aumenta ainda mais.

O desenvolvimento de um organismo a partir de um ovo fecundado proporciona uma ilustração muito geral deste princípio. Os primeiros estádios da embriologia assemelham-se frequentemente aos de numerosas outras espécies, ou mesmo famílias e ordens.

À medida que o desenvolvimento prossegue, tendem a surgir sequencialmente as características específicas da ordem, da família, do género e, finalmente, da espécie; e as diferenças relativamente

pequenas que distinguem o organismo individual de outros indivíduos da mesma espécie aparecem, geralmente, por último.

Esta ressonância mórfica cada vez mais específica tenderá a canalizar o desenvolvimento para determinadas variantes da forma final já expressas em organismos anteriores.

O percurso pormenorizado do desenvolvimento será afetado tanto por fatores genéticos como ambientais: um organismo com determinada constituição genética tenderá a desenvolver-se de modo a entrar em ressonância mórfica específica com indivíduos anteriores dotados da mesma constituição genética; e os efeitos ambientais sobre o desenvolvimento tenderão a colocar o organismo sob a influência mórfica específica de organismos anteriores que se desenvolveram no mesmo ambiente.

Unidades mórficas anteriores semelhantes que fizeram parte do mesmo organismo exercerão um efeito ainda mais específico.

Por exemplo, no desenvolvimento das folhas de uma árvore, é provável que as formas das folhas anteriores da mesma árvore contribuam de modo particularmente significativo para o campo morfogenético, tendendo a estabilizar a forma foliar característica daquela árvore em particular.

5. A Manutenção e a Estabilidade das Formas

No final de um processo de morfogénese, a forma efetiva de um sistema coincide com a forma virtual proporcionada pelo campo morfogenético.

A associação contínua do sistema ao respetivo campo revela-se com maior clareza no fenómeno da regeneração.

A recuperação da forma do sistema após pequenos desvios relativamente à forma final é menos evidente, mas não menos importante: o campo morfogenético estabiliza continuamente a unidade mórfica.

Nos sistemas biológicos — e, em certa medida, também nos sistemas químicos —, esta manutenção da forma permite que as unidades mórficas persistam, mesmo quando as partes que as constituem se modificam à medida que são continuamente renovadas e substituídas.

O próprio campo morfogenético persiste devido à influência contínua das formas de sistemas passados semelhantes.

Uma característica extraordinariamente interessante da ressonância mórfica que atua sobre um sistema dotado de uma forma persistente é o facto de essa ressonância incluir uma contribuição proveniente dos estados passados do próprio sistema.

Na medida em que um sistema se assemelha mais estreitamente a si mesmo no passado do que a qualquer outro sistema passado, esta autorressonância será altamente específica.

Poderá, na verdade, possuir uma importância absolutamente fundamental para a manutenção da própria identidade do sistema.

A matéria já não pode ser concebida como sendo constituída por partículas sólidas semelhantes a minúsculas bolas de bilhar que perduram ao longo do tempo. Os sistemas materiais são estruturas dinâmicas que se recriam constantemente.

Segundo a presente hipótese, a persistência das formas materiais depende de uma atualização continuamente repetida do sistema sob a influência do seu campo morfogenético; simultaneamente, o campo morfogenético é continuamente recriado através da ressonância mórfica proveniente de formas passadas semelhantes.

As formas mais semelhantes — e que, por conseguinte, exercerão o maior efeito — serão as formas do próprio sistema no passado imediato.

Esta conclusão parece possuir profundas implicações físicas: a ressonância preferencial de um sistema consigo próprio no passado imediato poderia, concebivelmente, ajudar a explicar a sua persistência não apenas no tempo, mas também num determinado lugar.⁴

6. Nota Sobre o «Dualismo» Físico

Todas as unidades mórficas efetivas podem ser consideradas formas de energia.

Por um lado, as suas estruturas e padrões de atividade dependem dos campos morfogenéticos aos quais se encontram associadas e sob cuja influência passaram a existir.

Por outro, a sua própria existência e a sua capacidade de interagir com outros sistemas materiais devem-se à energia nelas contida.

Contudo, embora estes aspetos da forma e da energia possam ser separados conceptualmente, na realidade encontram-se sempre associados.

Nenhuma unidade mórfica pode possuir energia sem forma, e nenhuma forma material pode existir sem energia.

Esta «dualidade» física entre forma e energia, explicitada pela hipótese da causalidade formativa, possui muitos aspetos em comum com a chamada dualidade onda-partícula da teoria quântica.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, existe apenas uma diferença de grau entre a morfogénese dos átomos e a das moléculas, cristais, células, tecidos, órgãos e organismos.

Se o «dualismo» for definido de modo que os orbitais dos elétrons nos átomos envolvam uma dualidade entre ondas e partículas, ou entre forma e energia, então as formas mais complexas das unidades mórficas de níveis superiores também envolvem essa dualidade; mas, se os primeiros não forem considerados dualistas, então as últimas também não o serão.⁵

Apesar da sua semelhança, existe, evidentemente, uma diferença de natureza entre a hipótese da causalidade formativa e a teoria convencional.

A teoria convencional não proporciona qualquer compreensão fundamental da causalidade das formas, a menos que se pressuponha que as equações ou «estruturas matemáticas» que as descrevem desempenham um papel causal; nesse caso, fica implícito um dualismo profundamente misterioso entre a matemática e a realidade.

A hipótese da causalidade formativa supera este problema ao considerar as formas dos sistemas anteriores como causas das formas semelhantes subsequentes.

Do ponto de vista convencional, esta solução poderá parecer pior do que o problema, na medida em que exige uma ação através do tempo e do espaço diferente de qualquer tipo conhecido de ação física.

Contudo, não se trata de uma proposição metafísica, mas física, e pode ser submetida a testes experimentais.

Caso esta hipótese seja apoiada por indícios experimentais, poderá não só permitir que os vários campos da matéria da teoria quântica de campos sejam interpretados em termos de campos morfogenéticos, como também conduzir a uma nova compreensão de outros campos físicos.

No campo morfogenético de um átomo, um núcleo atômico desprovido de elétrons e rodeado de orbitais virtuais funciona como «atrator» morfogenético dos elétrons.

Talvez a chamada atração elétrica entre o núcleo e os elétrons possa ser considerada um aspeto deste campo morfogenético atômico.

Quando a forma final do átomo é atualizada através da captura de elétrons, deixa de atuar como «atrator» morfogenético e, em terminologia elétrica, torna-se neutro.

Por conseguinte, não é inconcebível que os campos eletromagnéticos possam derivar dos campos morfogenéticos dos átomos.

De modo comparável, talvez venha a ser possível interpretar as forças nucleares forte e fraca em termos dos campos morfogenéticos dos núcleos atômicos e das partículas nucleares.

Os campos morfogenéticos fazem parte da categoria mais ampla dos campos mórficos, que inclui também campos comportamentais e sociais (Capítulo 9).

Grande parte deste resumo da hipótese da causalidade formativa aplica-se aos campos mórficos em geral, e não apenas aos campos morfogenéticos.

7. Resumo da Hipótese da Causalidade Formativa

(i) Para além dos tipos de causalidade energética conhecidos pela física e da causalidade decorrente das estruturas dos campos físicos conhecidos, existe um tipo adicional de causalidade responsável pelas formas de todas as unidades mórficas materiais — partículas subatômicas, átomos, moléculas, cristais, agregados quase cristalinos, organelos, células, tecidos, órgãos e organismos.

A forma, no sentido aqui utilizado, inclui não apenas a configuração da superfície exterior da unidade mórfica, mas também a sua estrutura interna.

Esta causalidade, denominada **causalidade formativa**, impõe uma ordem espacial às transformações produzidas pela causalidade energética.

Não é, em si mesma, energética, nem pode ser reduzida à causalidade produzida pelos campos físicos conhecidos. (Secções 3, 4 e 5 Cap.3)

(ii) A causalidade formativa depende de campos mórficos, estruturas que exercem efeitos morfogenéticos sobre os sistemas materiais.

Cada tipo de unidade mórfica possui o seu próprio campo mórfico característico.

Na morfogénese de determinada unidade mórfica, uma ou mais das suas partes características — designadas por **germe morfogenético** — ficam rodeadas ou integradas no campo morfogenético da unidade mórfica no seu conjunto.

Esse campo contém a forma virtual da unidade mórfica, que se atualiza à medida que as partes componentes apropriadas entram no seu campo de influência e se ajustam às posições relativas correspondentes.

O encaixe das partes de uma unidade mórfica nas respetivas posições é acompanhado pela libertação de energia, geralmente sob a forma de calor, e é termodinamicamente espontâneo; do ponto de vista energético, as estruturas das unidades mórficas apresentam-se como mínimos ou «poços» de energia potencial. (Secções 3, 4 Cap.3, 1, 2, 4 e 5. Cap.4)

(iii) A maior parte da morfogénese inorgânica é rápida, mas a morfogénese biológica é relativamente lenta e atravessa uma sucessão de estádios intermédios.

Um determinado tipo de morfogénese segue habitualmente um percurso específico de desenvolvimento; essa via canalizada de transformação é denominada **creodo**.

Ainda assim, a morfogénese pode avançar em direção à forma final a partir de diferentes germes morfogenéticos e através de percursos distintos, como acontece nos fenómenos da regulação e da regeneração.

Nos ciclos de crescimento e divisão celular, bem como no desenvolvimento das estruturas diferenciadas dos organismos multicelulares, ocorre uma sucessão de processos morfogenéticos sob a influência de uma sucessão de campos morfogenéticos. (Secções 4 Cap.2, 1 Cap.4, 4 Cap.5 e 1 Cap.6)

(iv) A forma característica de determinada unidade mórfica é determinada pelas formas de sistemas semelhantes anteriores, que atuam sobre ela através do tempo e do espaço por meio de um processo denominado **ressonância mórfica**.

Esta influência ocorre através do campo mórfico e depende das estruturas tridimensionais e dos padrões de vibração dos sistemas.

A ressonância mórfica é análoga à ressonância energética quanto à sua especificidade, mas não pode ser explicada através de qualquer tipo conhecido de ressonância, nem envolve uma transmissão de energia. (Secções 1 e 3 Cap.5)

(v) Todos os sistemas semelhantes do passado atuam sobre um sistema semelhante posterior através da ressonância mórfica.

Pressupõe-se provisoriamente que esta ação não é atenuada pelo espaço nem pelo tempo e que prossegue indefinidamente; contudo, o efeito relativo de determinado sistema diminui à medida que aumenta o número de sistemas semelhantes que contribuem para a ressonância mórfica. (Secções 4 e 5 Cap.5)

(vi) A hipótese da causalidade formativa explica a repetição das formas, mas não explica de que maneira surgiu originalmente o primeiro exemplo de determinada forma.

Este acontecimento único pode ser atribuído ao acaso, à criatividade inerente à natureza ou a uma agência criadora transcendente.

A escolha entre estas alternativas só pode ser feita com base em fundamentos metafísicos e encontra-se fora do âmbito da hipótese. (Secção 1 Cap.5)

(vii) A ressonância mórfica proveniente dos estádios intermédios de processos semelhantes anteriores de morfogénese

tende a canalizar processos morfogenéticos semelhantes subsequentes para os mesmos creodos. (Secção 4 Cap.5)

(viii) A ressonância mórfica proveniente de sistemas passados dotados de uma polaridade característica só pode ocorrer eficazmente depois de o germe morfogenético de um sistema posterior ter sido adequadamente polarizado.

Os sistemas assimétricos nas três dimensões e que existem sob formas orientadas para a direita ou para a esquerda influenciam, através da ressonância mórfica, sistemas semelhantes posteriores independentemente da respetiva orientação especular. (Secção 2 Cap.6)

(ix) Os campos mórficos são ajustáveis quanto à dimensão absoluta e podem ser «ampliados» ou «reduzidos» dentro de determinados limites.

Assim, sistemas anteriores influenciam, através da ressonância mórfica, sistemas posteriores de forma semelhante, ainda que as respetivas dimensões absolutas sejam diferentes. (Secção 3 Cap.6)

(x) Mesmo depois do ajustamento de escala, os numerosos sistemas anteriores que influenciam um sistema posterior através da ressonância mórfica não são idênticos, mas apenas semelhantes quanto à forma.

Por conseguinte, as suas formas não se sobrepõem com precisão no interior do campo mórfico.

O tipo mais frequente de forma anterior produz a maior contribuição através da ressonância mórfica; o menos frequente, a menor.

Os campos mórficos não são, portanto, definidos com precisão, mas constituem estruturas de probabilidade dependentes da distribuição estatística das formas semelhantes anteriores.

As distribuições de probabilidade dos orbitais eletrónicos descritas pelas soluções da equação de Schrödinger são exemplos dessas estruturas de probabilidade e são semelhantes, quanto à natureza, às estruturas de probabilidade dos campos mórficos das unidades mórficas de níveis superiores. (Secções 3 Cap.3 e 4 Cap.5)

(xi) Os campos mórficos das unidades mórficas influenciam a morfogénese ao atuarem sobre os campos mórficos das partes que as constituem.

Assim, os campos dos tecidos influenciam os das células; os das células influenciam os dos organelos; os dos cristais influenciam os das moléculas; os das moléculas influenciam os dos átomos; e assim sucessivamente.

Estas ações dependem da influência exercida por estruturas de probabilidade de nível superior sobre estruturas de probabilidade de níveis inferiores e possuem, por conseguinte, uma natureza inerentemente probabilística. (Secções 3 e 4 Cap.4)

(xii) Depois de a forma final de uma unidade mórfica ser atualizada, a ação contínua da ressonância mórfica proveniente de formas passadas semelhantes estabiliza-a e mantém-na.

Se a forma persistir, a ressonância mórfica que atua sobre ela incluirá uma contribuição proveniente dos seus próprios estados passados.

Na medida em que o sistema se assemelha mais estreitamente aos seus próprios estados passados do que aos estados de outros sistemas, esta autorressonância será altamente específica e poderá possuir uma importância considerável para a manutenção da identidade do sistema. (Secções 4 e 5 Cap.6)

(xiii) A hipótese da causalidade formativa pode ser submetida a testes experimentais. (Secção 6 Cap.5)

CAPÍTULO 7

A Hereditariedade da Forma

1. Genética e Hereditariedade

As diferenças hereditárias entre organismos que, de outro modo, seriam semelhantes dependem de diferenças genéticas; as diferenças genéticas dependem de diferenças na estrutura do ADN ou na sua disposição no interior dos cromossomas; e essas diferenças conduzem a alterações na estrutura das proteínas ou no controlo da síntese proteica.

No século XX, estas descobertas fundamentais, apoiadas por um vasto conjunto de indícios pormenorizados, proporcionaram uma compreensão satisfatoriamente direta da hereditariedade das proteínas e das características que dependem, de forma mais ou menos imediata, de proteínas específicas — por exemplo, a anemia falciforme e os defeitos hereditários do metabolismo.

Em contrapartida, as diferenças hereditárias de forma não apresentam, em geral, qualquer relação imediata e evidente com alterações na estrutura ou na síntese de proteínas específicas.

Ainda assim, essas alterações podem afetar a morfogénese de várias maneiras, através dos seus efeitos sobre enzimas metabólicas, enzimas envolvidas na síntese de hormonas, proteínas estruturais, proteínas das membranas celulares, etc. São já conhecidos muitos exemplos desses efeitos.

Mas, admitindo que diversas alterações químicas conduzem a modificações ou distorções do padrão normal da morfogénese, o que determina o próprio padrão normal da morfogénese?

Segundo a teoria mecanicista, as células, os tecidos, os órgãos e os organismos assumem as formas apropriadas em resultado da síntese das substâncias químicas adequadas, nos lugares e momentos adequados.

Supõe-se que a morfogénese decorre espontaneamente em resultado de complexas interações físico-químicas, mas de uma maneira que ainda não é plenamente compreendida devido à sua complexidade.

A teoria mecanicista deixa em aberto a questão de saber como funciona efetivamente a automontagem (Secção 2 Cap.2).

A hipótese da causalidade formativa sugere uma nova maneira de responder a esta questão.

Na medida em que propõe uma interpretação da morfogénese biológica que salienta a analogia com processos físicos, como a

cristalização, e atribui também um papel importante às flutuações energeticamente indeterminadas, esta hipótese concretiza, em vez de negar, as expectativas da teoria mecanicista.

Contudo, enquanto a teoria mecanicista atribui praticamente todos os fenómenos da hereditariedade à transmissão genética incorporada no ADN, a hipótese da causalidade formativa permite que os organismos herdem também os campos mórficos de organismos passados da mesma espécie.

Este tipo de hereditariedade ocorre através da ressonância mórfica, e não através dos genes.

A hereditariedade inclui, portanto, tanto a transmissão genética das proteínas como a ressonância mórfica proveniente de formas semelhantes passadas.

Considere-se a seguinte analogia.

A música emitida pelo altifalante de um aparelho de rádio depende tanto das estruturas materiais do aparelho e da energia que o alimenta como da transmissão para a qual o aparelho está sintonizado.

A música pode, evidentemente, ser afetada por alterações na cablagem, nos transístores, nos condensadores, etc., e deixa de ser emitida quando a bateria é retirada.

Alguém que nada soubesse acerca da transmissão de vibrações invisíveis, intangíveis e inaudíveis através do campo eletromagnético poderia concluir que a música seria inteiramente explicável com base nos componentes do rádio, na forma como estes se encontravam dispostos e na energia da qual dependia o seu funcionamento.

Se alguma vez considerasse a possibilidade de algo entrar no aparelho a partir do exterior, rejeitá-la-ia ao descobrir que o rádio pesava o mesmo quando estava ligado ou desligado.

Teria, por conseguinte, de supor que os padrões rítmicos e harmónicos da música surgiam no interior do aparelho em resultado de interações imensamente complexas entre as suas partes.

Depois de estudar e analisar cuidadosamente o aparelho, poderia até conseguir construir uma réplica que produzisse exatamente os mesmos sons do original, considerando provavelmente esse resultado uma confirmação impressionante da sua teoria.

Contudo, apesar dessa realização, continuaria completamente alheio ao facto de a música ter tido origem num estúdio de radiodifusão situado a centenas de quilómetros de distância.

Nos termos da hipótese da causalidade formativa, a «transmissão» provém de sistemas semelhantes anteriores, e a sua «recepção» depende da estrutura e organização pormenorizadas do sistema recetor.

Tal como num aparelho de rádio, dois tipos de alteração na organização do recetor produzem efeitos significativos.

Em primeiro lugar, as alterações na sintonização do sistema conduzem à receção de transmissões mórficas completamente diferentes: assim como um rádio pode ser sintonizado para diferentes estações, também um sistema em desenvolvimento pode ser sintonizado para diferentes campos morfogenéticos.

Em segundo lugar, as alterações no interior de um rádio sintonizado para determinada estação podem produzir modificações e distorções na música emitida pelo altifalante.

Do mesmo modo, alterações genéticas no interior de um sistema que se desenvolve sob a influência de um campo morfogenético podem conduzir a modificações e distorções da forma do organismo.

Assim, nos organismos em desenvolvimento, tanto os fatores ambientais como os genéticos podem afetar a morfogénese de duas maneiras diferentes: alterando a sintonização dos germes morfogenéticos ou influenciando os percursos habituais da morfogénese de modo a produzirem variantes das formas normais.

2. Germes Morfogenéticos Alterados

Os germes morfogenéticos responsáveis pelo desenvolvimento dos órgãos e tecidos são constituídos por células ou grupos de

células dotados de estruturas e padrões de oscilação característicos, incluindo oscilações elétricas nas suas membranas (Secções 5 Cap.4 e 1 Cap.6).

As modernas técnicas de análise, como a ressonância de spin eletrónico — RSE — e a ressonância magnética — RM —, dependem de efeitos de ressonância com moléculas e núcleos atômicos no interior do corpo.

Em todos os níveis de organização — desde os átomos, moléculas, organelos e membranas até órgãos como o coração e o cérebro — existem padrões rítmicos e vibratórios de atividade, incluindo atividade eletromagnética.

Se, em resultado de condições ambientais invulgares ou de alterações genéticas, a estrutura e o padrão oscilatório de um germe forem suficientemente modificados, este deixará de se associar ao seu campo morfogenético habitual.

Ou não conseguirá funcionar como germe — caso em que toda uma estrutura deixará de surgir no organismo —, ou ficará associado a um campo morfogenético diferente — caso em que, em lugar da estrutura habitual, se desenvolverá uma estrutura que normalmente não se encontra nessa parte do organismo.

As mutações que produzem alterações deste tipo são chamadas **mutações homeóticas**.

Foram descritos muitos exemplos da perda de uma estrutura completa ou da substituição de uma estrutura por outra.¹

Por vezes, as mesmas alterações homeóticas podem também ser produzidas por modificações no ambiente do organismo em desenvolvimento, como será discutido mais adiante.

Efeitos deste tipo foram estudados com grande pormenor na mosca-da-fruta *Drosophila*.

Várias mutações homeóticas produzem transformações de regiões inteiras da mosca; por exemplo, a mutação *antennapedia* transforma as antenas em patas, enquanto mutações no complexo genético *bithorax* fazem com que o segmento metatorácico — que normalmente possui dois halteres — se desenvolva como se fosse um segmento mesotorácico (Fig. 17).

As moscas resultantes possuem dois pares de asas em segmentos adjacentes.²

As mutações homeóticas também ocorrem nas plantas.

Na ervilheira, por exemplo, as folhas apresentam normalmente folíolos na região basal e gavinhas na extremidade.

Em algumas folhas, existem gavinhas em posição oposta aos folíolos, o que indica que primórdios semelhantes podem dar origem a ambos os tipos de estrutura (Fig. 18).

Presumivelmente, as células existentes no interior desses primórdios são influenciadas por fatores presentes na folha embrionária, que as levam a assumir a estrutura e o padrão oscilatório característicos do germe morfogenético de uma gavinha ou de um folíolo.

Num tipo de mutante homeótico, a formação das gavinhas é suprimida, e todos os primórdios dão origem a folíolos; noutro mutante — devido a um gene situado num cromossoma diferente —, a formação dos folíolos é suprimida, e todos os primórdios dão origem a gavinhas³ (Fig. 18).

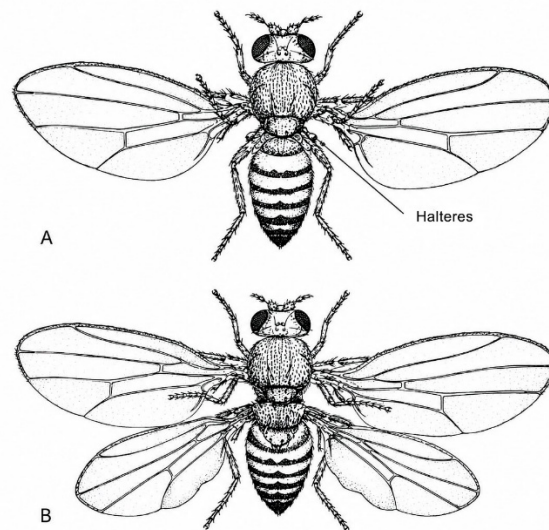


Figura 17 — Um exemplar normal da mosca-da-fruta *Drosophila* (A) e uma mosca mutante (B), na qual o terceiro segmento torácico foi transformado de modo a assemelhar-se ao segundo segmento torácico. Consequentemente, a mosca possui dois pares de asas em vez de um.

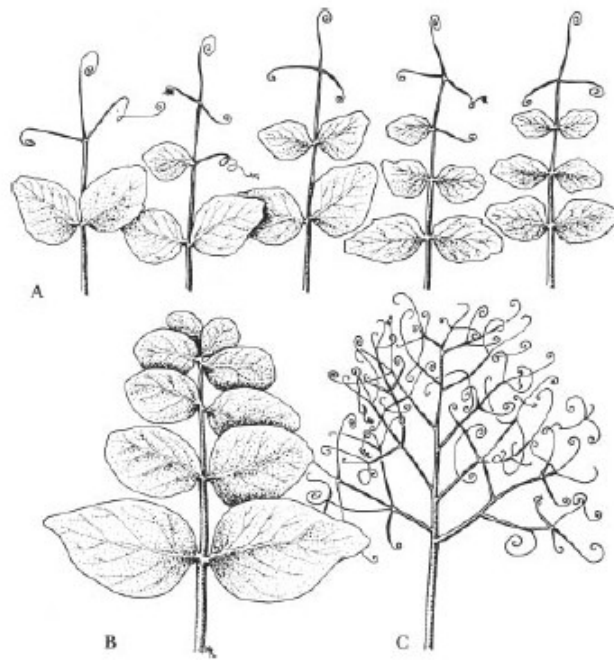


Figura 18 — A: Folhas normais de ervilheira, com folíolos e gavinhas. B: Folha de uma planta mutante na qual se formam apenas folíolos. C: Folha de uma planta mutante na qual se formam apenas gavinhas.

Os genes homeóticos codificam fatores de transcrição, que são proteínas que se ligam a regiões específicas do ADN e afetam a atividade de outros genes.

O padrão de atividade genética por eles controlado influencia todo um percurso de morfogênese.

Nos termos da hipótese da causalidade formativa, estes padrões de atividade genética atuam influenciando os germes morfogénéticos e afetando a sua sintonização com determinados campos morfogénéticos.

Existem muitas maneiras concebíveis de isso ocorrer.

Por exemplo, esses genes poderão codificar proteínas que modificam as propriedades das membranas celulares, afetando as estruturas ou os padrões de atividade das células do germe morfogênético de modo que estas deixem de entrar em ressonância com o campo morfogênético habitual e passem a sintonizar-se com outro.

Isto é análogo à alteração do circuito de sintonização de um televisor: uma «mutação» num transístor ou condensador desse circuito poderia fazer com que o televisor ficasse sintonizado para outro canal ou perdesse inteiramente a capacidade de sintonizar qualquer canal.

É significativo que, na biologia evolutiva do desenvolvimento, estes genes homeóticos sejam frequentemente chamados **genes seletores específicos de campo**.⁴

3. Percursos Alterados da Morfogénese

Enquanto os fatores que afetam os germes morfogénéticos exercem efeitos qualitativos sobre a morfogénese — resultando na ausência de uma estrutura ou na substituição de uma estrutura por outra —, muitos fatores ambientais e genéticos produzem modificações quantitativas das formas finais através dos efeitos que exercem sobre os processos morfogénéticos.

Por exemplo, em plantas de determinada variedade cultivada que crescem sob diferentes condições ambientais, a forma geral dos

sistemas caulinar e radicular, a morfologia das folhas e até a anatomia de vários órgãos diferem em pormenor; ainda assim, a forma característica da variedade continua a ser reconhecível.

Ou, quando diferentes variedades da mesma espécie crescem no mesmo ambiente, as plantas diferem entre si em muitos pormenores, embora todas sejam claramente reconhecíveis como variantes de uma forma específica característica.

Os fatores genéticos e ambientais influenciam o desenvolvimento através de diversos efeitos quantitativos sobre componentes estruturais, atividade enzimática, hormonas, etc. (Secção 1 deste Capítulo).

Algumas dessas influências são relativamente inespecíficas e afetam vários percursos diferentes da morfogénese.

Outras podem perturbar o curso normal do desenvolvimento, mas exercer pouco efeito sobre a forma final devido à regulação.

Embora alguns efeitos genéticos impressionantes possam ser associados a genes específicos, a maioria depende da influência combinada de numerosos genes, cujos efeitos individuais são reduzidos e difíceis de identificar e analisar.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, os organismos da mesma variedade ou raça assemelham-se entre si não apenas por serem geneticamente semelhantes e estarem, portanto, sujeitos a

influências genéticas semelhantes durante a morfogénese, mas também porque os seus creodos característicos são reforçados e estabilizados pela ressonância mórfica proveniente de organismos passados do mesmo tipo.

Os campos morfogenéticos de uma espécie não são fixos, mas modificam-se à medida que a espécie evolui.

A maior contribuição estatística para as estruturas de probabilidade dos campos morfogenéticos provém dos tipos morfológicos mais comuns, que são também aqueles que se desenvolvem sob as condições ambientais mais habituais.

Nos casos mais simples, o efeito automático de média produzido pela ressonância mórfica estabilizará os campos morfogenéticos em torno de uma única forma mais provável, ou **tipo selvagem**.

Se a espécie habitar dois ou mais ambientes geográfica ou ecologicamente distintos, nos quais tenham evoluído hábitos de crescimento característicos, os campos morfogenéticos da espécie não conterão uma única forma mais provável, mas uma distribuição «multimodal» de formas, dependente do número de variedades ou raças morfológicamente distintas e das dimensões relativas das respetivas populações passadas.

4. Dominância

À primeira vista, a ideia de que as formas das variedades são estabilizadas pela ressonância mórfica proveniente de organismos passados da mesma variedade poderá parecer acrescentar pouco à explicação convencional baseada apenas na semelhança genética.

Contudo, a sua importância torna-se evidente quando se consideram organismos híbridos sujeitos à ressonância mórfica proveniente de dois tipos parentais distintos.

Regressando à analogia do rádio: em circunstâncias normais, um aparelho encontra-se sintonizado para uma só estação de cada vez, tal como um organismo está normalmente «sintonizado» com organismos passados semelhantes da mesma variedade.

Mas, se o rádio estiver simultaneamente sintonizado para duas estações diferentes, os sons que produz dependerão da intensidade relativa dos respectivos sinais.

Se um for muito forte e o outro muito fraco, este último produzirá pouco efeito perceptível; mas, se ambos possuírem intensidades semelhantes, o aparelho produzirá uma mistura de sons provenientes das duas fontes.

Do mesmo modo, num híbrido produzido pelo cruzamento de duas variedades, a presença de genes e produtos genéticos característicos de ambas tenderá a colocar o organismo em

desenvolvimento em ressonância mórfica com organismos passados de ambos os tipos parentais.

As estruturas globais de probabilidade existentes nos campos morfogenéticos do híbrido dependerão da intensidade relativa da ressonância mórfica proveniente dos dois tipos parentais.

Se ambos os progenitores pertencerem a variedades representadas por números comparáveis de indivíduos passados, ambos tenderão a influenciar a morfogênese de forma semelhante, produzindo uma combinação ou «resultante» das duas formas parentais (Fig. 19A).

Mas, se uma das variedades tiver sido representada por menos indivíduos do que a outra, a sua menor contribuição para a estrutura global de probabilidade fará com que a forma da outra variedade parental tenda a predominar (Fig. 19B).

E, se um dos progenitores provier de uma linhagem mutante de origem recente, a ressonância mórfica proveniente do pequeno número de indivíduos passados desse tipo produzirá uma contribuição insignificante para a estrutura de probabilidade dos híbridos (Fig. 19C).

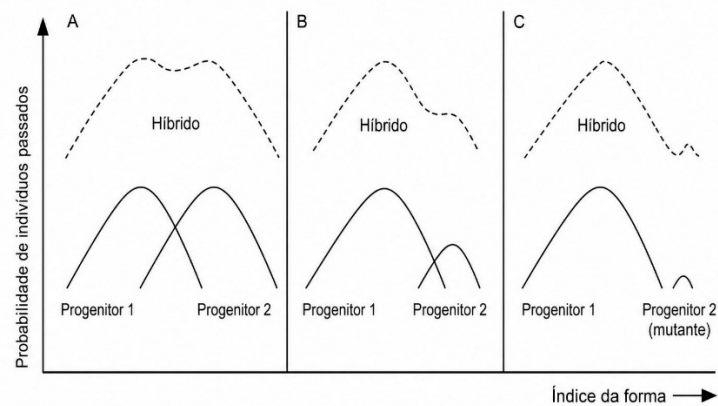


Figura 19 — Representação diagramática das estruturas de probabilidade dos campos morfogenéticos dos progenitores e dos híbridos.

Estas previsões estão de acordo com os factos.

Em primeiro lugar, os híbridos entre variedades ou espécies bem estabelecidas combinam geralmente características de ambas ou possuem uma forma intermédia.

Em segundo lugar, nos híbridos entre uma variedade relativamente recente e outra há muito estabelecida, as características desta última são normalmente mais ou menos dominantes.

Em terceiro lugar, as mutações recentes que afetam características morfológicas são quase sempre recessivas.

É significativo que as teorias mecanicistas da dominância sejam simultaneamente vagas e especulativas, exceto no caso das características que dependem de forma mais ou menos direta de determinadas proteínas.

Se um gene mutante conduzir a uma perda de função — por exemplo, produzindo uma enzima defeituosa —, será recessivo, porque, nos híbridos, a presença de um gene normal permite que a enzima normal seja produzida e que, por conseguinte, ocorram as reações bioquímicas normais.

Contudo, em alguns casos, o produto do gene defeituoso poderá ser positivamente prejudicial — por exemplo, ao interferir com a permeabilidade das membranas —, caso em que a mutação tenderá a ser simultaneamente dominante e letal.

Estas explicações são satisfatórias dentro dos seus limites; contudo, na ausência de qualquer compreensão mecanicista da morfogénese, a tentativa de explicar a dominância na hereditariedade da forma por extrapolação a partir do nível molecular pressupõe precisamente aquilo que deveria explicar.

As teorias genéticas convencionais da dominância são mais sofisticadas do que a teoria puramente bioquímica; salientam que a dominância não é fixa, mas evolui.⁵

Para explicar a relativa uniformidade das populações selvagens, nas quais a maioria das mutações não letais é recessiva, pressupõem que a dominância do «tipo selvagem» foi favorecida pela seleção natural.

Uma teoria postula a seleção de genes que modificam a dominância de outros genes⁶, e outra, a seleção de versões

progressivamente mais eficazes dos genes que controlam as características dominantes em causa.⁷

Contudo, além de existirem poucos indícios a favor de qualquer uma destas teorias — e alguns contra ambas —, elas sofrem do defeito de pressuporem a dominância em vez de a explicarem: apenas proporcionam mecanismos hipotéticos através dos quais ela poderia ser mantida ou aumentada.⁸

Segundo a hipótese da causalidade formativa, a dominância evoluiria por uma razão fundamentalmente diferente.

Os tipos favorecidos pela seleção natural seriam representados por números mais elevados de indivíduos do que os tipos com menor valor de sobrevivência; à medida que o tempo passasse, os primeiros tornar-se-iam cada vez mais dominantes através do efeito cumulativo da ressonância mórfica.

Em princípio, esta hipótese poderia ser distinguida experimentalmente de todas as teorias convencionais da dominância.

Segundo estas últimas, sob determinado conjunto de condições ambientais, a dominância depende apenas da constituição genética do híbrido; segundo a hipótese da causalidade formativa, depende tanto da constituição genética como da ressonância mórfica proveniente dos tipos parentais.

Por conseguinte, se a intensidade relativa da ressonância proveniente dos tipos parentais se alterasse, a dominância de um sobre o outro também se modificaria, mesmo que a constituição genética do híbrido permanecesse inalterada.

Considere-se a seguinte experiência.

Obtêm-se sementes híbridas através do cruzamento entre plantas de uma variedade bem definida — P1 — e uma linhagem mutante — P2.

Algumas dessas sementes híbridas são conservadas a baixa temperatura, enquanto outras são cultivadas sob condições controladas.

As características das plantas híbridas são cuidadosamente observadas, e as próprias plantas são preservadas.

Nestas plantas, a morfologia P1 é completamente dominante (Fig. 19C).

Cultivam-se então, no campo, números muito elevados de plantas do tipo mutante P2.

Posteriormente, algumas das plantas híbridas são novamente cultivadas, a partir do mesmo lote de sementes, sob condições idênticas às utilizadas anteriormente.

Uma vez que P2 produz agora uma contribuição maior através da ressonância mórfica, P1 poderá ser apenas parcialmente dominante (Fig. 19B).

Depois de se cultivarem muitas mais plantas P2, a forma dos híbridos poderá tornar-se intermédia entre os dois tipos parentais (Fig. 19A).

Cultivam-se então, em grande número, ainda mais plantas do tipo P2; posteriormente, os híbridos são novamente cultivados, nas mesmas condições dos híbridos anteriores, a partir do mesmo lote de sementes.

Agora, o tipo P2 produzirá uma contribuição maior por ressonância mórfica do que P1, e a morfologia P2 será dominante.

Este resultado apoiaria fortemente a hipótese da dominância por ressonância mórfica e seria inteiramente incompreensível do ponto de vista da teoria genética ortodoxa.

O único problema desta experiência é que poderá ser difícil realizá-la na prática, pois, se P1 for uma variedade bem estabelecida que existe há muito tempo — no caso de uma variedade selvagem, talvez há muitos milhares ou mesmo milhões de anos —, não seria viável cultivar um número comparável de indivíduos do tipo P2.

A experiência só seria exequível se P1 fosse uma variedade recente, da qual apenas um número relativamente pequeno de indivíduos tivesse sido cultivado no passado.

5. Semelhanças Familiares

No interior de determinada variedade, os organismos diferem entre si de inúmeras maneiras menores.

Numa população que se reproduz por cruzamento, cada indivíduo é geneticamente mais ou menos único e tende, por conseguinte, a seguir o seu próprio percurso característico de desenvolvimento sob as várias influências quantitativas dos seus genes.

Além disso, uma vez que a morfogénese depende do efeito de estruturas de probabilidade sobre acontecimentos probabilísticos, todo o processo possui certo grau de indeterminação.

E os ambientes locais também variam.

Em resultado de todos estes fatores, cada indivíduo possui uma forma característica e produz a sua própria contribuição singular para os campos morfogenéticos subsequentes.

A ressonância mórfica mais específica que atua sobre determinado organismo — para além da autorressonância proveniente do seu próprio passado — será provavelmente aquela que provém de indivíduos anteriores estreitamente aparentados e

dotados de uma constituição genética semelhante, explicando assim as semelhanças familiares.

Esta ressonância mórfica específica sobrepor-se-á à ressonância menos específica proveniente de numerosos indivíduos passados da mesma variedade; esta, por sua vez, sobrepor-se-á a um fundo geral de ressonância mórfica proveniente de todos os membros passados da espécie.

No modelo do vale de um creodo (Fig. 5), a ressonância mórfica mais específica determinaria o percurso pormenorizado da morfogénese, correspondendo ao leito de uma corrente de água; a ressonância mórfica menos específica, proveniente de indivíduos anteriores da mesma variedade, corresponderia ao leito de um pequeno vale.

Os creodos variantes das diferentes variedades existentes no interior da mesma espécie corresponderiam a pequenos vales divergentes ou paralelos no interior de um vale maior, representativo do creodo da espécie no seu conjunto.

6. Influências Ambientais e Ressonância Mórfica

As formas dos organismos são influenciadas, em graus variáveis, pelas condições ambientais em que se desenvolvem.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, são também influenciadas pelas condições ambientais em que organismos

semelhantes anteriores se desenvolveram, porque as formas desses organismos contribuem, através da ressonância mórfica, para os seus campos morfogenéticos.

Nos termos da analogia do rádio, a música emitida pelo altifalante é afetada não apenas por alterações no interior do recetor, mas também por modificações no estúdio de radiodifusão: se uma orquestra começar a tocar uma peça musical diferente, o rádio produzirá sons diferentes, mesmo que a sua sintonização e as suas estruturas internas permaneçam inalteradas.

Considere-se, por exemplo, uma nova variedade de uma espécie cultivada.

Se números muito elevados de plantas dessa variedade forem cultivados num ambiente e muito poucas noutros, as primeiras produzirão uma contribuição muito maior para as estruturas de probabilidade dos campos morfogenéticos da variedade.

A sua forma será a forma mais provável da variedade e tenderá, portanto, a influenciar a morfogénese de todas as plantas subsequentes da mesma variedade, mesmo quando estas forem cultivadas em ambientes diferentes.

Para testar esta previsão, seria preferível utilizar uma nova variedade de uma cultura autopolinizada; as plantas seriam geneticamente muito semelhantes entre si, e não existiria o perigo de se cruzarem com outras variedades.

Inicialmente, seriam cultivadas algumas plantas em dois ambientes muito diferentes, X e Y, e as suas características morfológicas seriam cuidadosamente registadas.

Algumas sementes do lote original seriam conservadas a baixa temperatura.

Depois, seriam cultivados números muito elevados de plantas no ambiente Y — numa única estação ou ao longo de várias gerações.

Posteriormente, utilizando algumas das sementes originais conservadas a baixa temperatura, seriam novamente cultivadas algumas plantas no ambiente X.

A sua morfogénese deveria agora ser influenciada pela ressonância mórfica proveniente dos grandes números de plantas geneticamente semelhantes cultivadas no ambiente Y.

Por conseguinte, deveriam apresentar uma semelhança maior com a morfologia do tipo Y do que as plantas originais do tipo X.

Evidentemente, para que uma comparação entre plantas cultivadas em ocasiões diferentes fosse válida, seria necessário assegurar que as condições fossem praticamente idênticas.

Isto seria impossível no campo, mas poderia ser alcançado com relativa facilidade num ambiente artificialmente controlado, num fitotrão.

Caso este resultado fosse efetivamente obtido, proporcionaria indícios positivos a favor da hipótese da causalidade formativa e seria inexplicável através das teorias convencionais.

7. A Hereditariedade dos Caracteres Adquiridos

A influência exercida por organismos anteriores sobre organismos semelhantes subsequentes através da ressonância mórfica produziria efeitos que não poderiam, de modo algum, ocorrer se a hereditariedade dependesse apenas da transferência dos genes e de outras estruturas materiais dos progenitores para os descendentes.

Esta possibilidade permite observar sob uma nova luz a questão da «hereditariedade dos caracteres adquiridos».

Na intensa controvérsia ocorrida no final do século XIX e durante a primeira parte do século XX, tanto os lamarckistas, por um lado, como os seguidores de Weismann e de Mendel, por outro, pressupunham que a hereditariedade dependia apenas do plasma germinativo em geral ou dos genes em particular.

Por conseguinte, para que características adquiridas pelos organismos em resposta ao ambiente fossem herdadas, o plasma germinativo ou os genes teriam de sofrer modificações específicas.

Os antilamarckistas salientavam que tais modificações pareciam extremamente improváveis, se não impossíveis.

Nem os próprios lamarckistas conseguiam sugerir mecanismos plausíveis através dos quais essas alterações pudessem ocorrer.

Por outro lado, a teoria lamarckista parecia proporcionar uma explicação plausível para as adaptações hereditárias dos animais e das plantas.

Por exemplo, os camelos possuem calosidades nos joelhos.

É fácil compreender como essas calosidades são adquiridas em resposta à abrasão da pele quando os camelos se ajoelham.

Contudo, as crias de camelo já nascem com elas.

Factos deste tipo fariam sentido se, de algum modo, os caracteres adquiridos se tornassem hereditários.

Os neodarwinistas, porém, negam essa possibilidade e propõem uma interpretação alternativa baseada em mutações aleatórias.

Se os organismos dotados das características adquiridas em questão forem favorecidos pela seleção natural, as mutações aleatórias que, por acaso, produzam as mesmas características sem necessidade de estas serem adquiridas serão igualmente favorecidas pela seleção natural, tornando-se assim hereditárias.

Esta simulação hipotética da hereditariedade dos caracteres adquiridos é por vezes chamada **efeito Baldwin**, em homenagem a um dos teóricos da evolução que primeiro a propôs.⁹

Na primeira parte do século XX, dezenas de cientistas afirmaram ter demonstrado a hereditariedade de caracteres adquiridos em várias espécies de animais e plantas.¹⁰

Os antilamarckistas responderam com contraexemplos, citando a conhecida experiência de Weismann, na qual este cortou as caudas de ratinhos ao longo de 22 gerações consecutivas e verificou que os seus descendentes continuavam a desenvolver caudas.

Outro argumento chamava a atenção para o facto de os judeus continuarem a nascer com prepúcio depois de muitas gerações de circuncisão.

Após o suicídio, em 1926, de Paul Kammerer, um dos principais defensores do lamarckismo, o mendelismo estabeleceu-se no Ocidente como ortodoxia quase incontestada.¹¹

Entretanto, na União Soviética, os defensores da hereditariedade dos caracteres adquiridos, liderados por Trofim Lysenko, conquistaram o controlo das instituições biológicas durante a década de 1930 e permaneceram dominantes até 1964.

Durante esse período, muitos dos seus opositores mendelianos foram cruelmente perseguidos.¹²

Esta polarização produziu ressentimento e dogmatismo de ambos os lados.

8. Hereditariedade Epigenética

Existem atualmente bons indícios de que os caracteres adquiridos podem, efetivamente, ser herdados.

Apesar do tabu contra a hereditariedade lamarckista no Ocidente, continuaram a acumular-se cada vez mais exemplos da hereditariedade de caracteres adquiridos.

Por exemplo, na década de 1960, o botânico britânico Alan Durrant descobriu que, quando plantas de linho eram cultivadas com diferentes tipos de fertilizante, não só cresciam de maneira diferente, como essas diferenças eram herdadas pelos seus descendentes, mesmo quando todos eram cultivados sob as mesmas condições.

Algumas linhagens eram maiores do que o normal; outras, menores; e existiam também diferenças hereditárias na pilosidade das sementes.

Essas diferenças persistiam ao longo de muitas gerações.¹³

Embora bem documentados, casos deste tipo eram geralmente ignorados.

Contudo, o tabu começou a dissipar-se na passagem para o novo milénio, com o reconhecimento generalizado da epigenética.

Num estudo pioneiro com ratinhos, Randy Jirtle e Robert Waterland, da Universidade Duke, descobriram que ratinhos da linhagem *agouti* — obesos, amarelos e propensos a doenças — podiam ser transformados através de uma alteração da alimentação das mães iniciada imediatamente antes da concepção.

Depois de as mães receberem um suplemento alimentar derivado da soja, muitos dos seus descendentes eram esbeltos, castanhos e longevos.

No entanto, não ocorrera qualquer alteração na sequência do ADN; em vez disso, a expressão do gene *agouti* fora modificada epigeneticamente.

Sabe-se hoje que alterações deste tipo podem ser transmitidas às gerações subsequentes.¹⁴

As alterações epigenéticas nem sempre são eliminadas durante a formação dos espermatozoides e dos óvulos, como os biólogos pressupuseram durante décadas.

De forma semelhante, através da hereditariedade epigenética, os efeitos das toxinas podem repercutir-se ao longo de várias gerações.

Num estudo realizado na Universidade do Estado de Washington, Michael Skinner e os seus colegas verificaram que, quando ratos fêmeas grávidas eram expostos a um fungicida agrícola de uso comum, o desenvolvimento dos testículos dos seus descendentes masculinos era prejudicado, e estes apresentavam uma contagem reduzida de espermatozoides mais tarde na vida.

Os filhos desses machos também apresentavam uma contagem reduzida de espermatozoides, e esse efeito foi transmitido de pais para filhos ao longo de quatro gerações.¹⁵

Os efeitos epigenéticos também ocorrem em invertebrados, como a *Daphnia*, a pulga-de-água.

Quando existem predadores nas proximidades, as pulgas-de-água desenvolvem grandes espinhos defensivos.

Quando se reproduzem, os seus descendentes apresentam igualmente esses espinhos, mesmo que não sejam expostos a predadores.¹⁶

Existem atualmente muitos exemplos de hereditariedade epigenética nos seres humanos.

Por exemplo, as mulheres que estavam grávidas quando uma fome atingiu os Países Baixos no final da Segunda Guerra Mundial deram à luz bebês subnutridos e com baixo peso.

Quando esses bebês cresceram, também tiveram filhos com pesos à nascença invulgarmente baixos.

Um estudo realizado na Suécia com homens nascidos entre 1890 e 1920 mostrou que a sua alimentação durante a infância afetava a incidência de diabetes e doenças cardíacas nos seus netos.

E muitas doenças comuns que se transmitem no interior das famílias poderão também ser herdadas epigeneticamente.¹⁷

O Projeto Epigenoma Humano foi lançado em 2003 e tem contribuído para coordenar a investigação neste domínio em rápido crescimento.¹⁸

O prefixo «epi» significa «sobre» ou «para além de».

A hereditariedade epigenética não envolve alterações nos próprios genes, mas alterações na expressão genética.

Por exemplo, modificações na configuração da cromatina — o complexo de ADN e proteínas que constitui a estrutura dos cromossomas — podem ser transmitidas de uma célula para as suas células-filhas.

Quando estas alterações são transmitidas através dos óvulos ou dos espermatozoides, tornam-se hereditárias.

Por outras palavras, a atividade dos genes pode ser modificada hereditariamente sem que ocorra qualquer mutação.

Outro tipo de alteração epigenética, por vezes chamado **imprinting genómico**, envolve a metilação das moléculas de ADN.

Ocorre uma alteração química hereditária no próprio ADN, embora os genes subjacentes permaneçam iguais.

Um terceiro tipo de hereditariedade epigenética depende de alterações no citoplasma, transmitidas através dos óvulos e, por conseguinte, apenas pela linha materna.

À luz da epigenética, os indícios da hereditariedade dos caracteres adquiridos anteriormente rejeitados ou ignorados foram reabilitados.¹⁹

A hipótese da causalidade formativa admite a hereditariedade de caracteres adquiridos através da ressonância mórfica, sem necessidade de alterações genéticas ou sequer de hereditariedade epigenética.

Complementa, em vez de contradizer, estes dois tipos de hereditariedade e pode ser distinguida de ambos através da experimentação, como se discutirá adiante.

Em geral, quando os percursos da morfogénese são modificados por fatores ambientais ou genéticos, processos semelhantes de

morfogénese em organismos semelhantes posteriores tenderão a ser canalizados e estabilizados pela ressonância mórfica.

A intensidade desta influência dependerá da especificidade da ressonância e do número de organismos semelhantes anteriores cuja morfogénese tenha sido alterada.

Esse número tenderá a ser elevado se as alterações forem favorecidas pela seleção natural ou artificial, e reduzido caso não o sejam.

As mutilações de estruturas plenamente formadas não alteram os seus percursos morfogenéticos, a menos que essas estruturas se regenerem.

Por conseguinte, não seria de esperar que as mutilações de estruturas incapazes de regeneração influenciassem o desenvolvimento de organismos subsequentes através da ressonância mórfica.

Esta conclusão está de acordo com a observação de que a amputação das caudas dos ratinhos e a circuncisão dos judeus não produzem efeitos hereditários significativos.

9. Experiências com Fenocópias

C. H. Waddington introduziu pela primeira vez o termo «epigenético» na biologia durante a década de 1940.

No seu laboratório da Universidade de Edimburgo, durante a década de 1950, iniciou uma linha de investigação sobre a hereditariedade dos caracteres adquiridos que continua a ser uma das mais interessantes e importantes, utilizando fenocópias de moscas-da-fruta.

As **fenocópias** são organismos cujas características se assemelham às produzidas por mutações genéticas, mas que surgem, em vez disso, em resposta a uma alteração ambiental.

Por exemplo, a mosca-da-fruta com quatro asas representada na Fig. 17B possui uma mutação no complexo genético *bithorax*.

A exposição dos ovos de moscas-da-fruta normais, com duas asas, a vapores de éter três horas depois da postura pode produzir moscas semelhantes, com quatro asas, igualmente designadas moscas *bithorax*.

Este efeito não ocorria porque o éter induzisse mutações específicas no ADN, mas porque perturbava o percurso normal do desenvolvimento, tal como a exposição de embriões humanos à talidomida produzia membros anormais.

Waddington verificou que, expondo os ovos das moscas-da-fruta ao éter geração após geração, a proporção de moscas *bithorax* aumentava: as fenocópias tornavam-se mais frequentes.

Após 29 gerações, alguns descendentes dessas moscas apresentavam a característica *bithorax* sem qualquer exposição ao éter.

Waddington chamou a este fenômeno **assimilação genética**.

Uma característica adquirida em resposta a uma alteração ambiental tornara-se hereditária.²⁰

Nas palavras de Waddington:

Todas estas experiências demonstram que, se ocorrer seleção a favor do aparecimento de uma característica adquirida num determinado ambiente anormal, as linhagens selecionadas resultantes ficam sujeitas a manifestar essa característica mesmo depois de serem transferidas de novo para o ambiente normal.²¹ (21)

Para além desta interpretação de aparência ortodoxa baseada na seleção natural, Waddington considerou a possibilidade de alguma influência física ou química proveniente das estruturas alteradas das moscas anormais ter induzido modificações hereditárias nos seus genes.²²

Contudo, rejeitou-a porque as doutrinas então predominantes da biologia molecular não proporcionavam qualquer mecanismo plausível através do qual essas modificações pudessem ocorrer.²³

A sua interpretação final salientava tanto o papel da seleção do potencial genético para responder ao stress ambiental através de um desenvolvimento anormal como a «canalização do desenvolvimento» envolvida na morfogénese modificada.

Recorrendo a uma linguagem um pouco pitoresca, poder-se-ia dizer que a seleção não se limitou a baixar um limiar, mas determinou a direção em que o sistema em desenvolvimento avançaria depois de o ultrapassar.²⁴

Foi o próprio Waddington quem criou a palavra **creodo** para exprimir a noção de desenvolvimento orientado e canalizado (Fig. 5).

Concebia a determinação da direção seguida por um creodo em termos da sua «sintonização».

Contudo, não explicou de que modo ocorriam essa canalização e essa «sintonização», para além de sugerir vagamente que dependiam, de alguma forma, da seleção de genes.²⁵

A hipótese da causalidade formativa complementa a interpretação de Waddington: os creodos e as formas finais para as quais estes se orientam dependem da ressonância mórfica proveniente de organismos semelhantes anteriores.

A hereditariedade dos caracteres adquiridos do tipo estudado por Waddington depende tanto da seleção genética como de uma

influência direta, através da ressonância mórfica, proveniente dos organismos cujo desenvolvimento foi modificado em resposta a ambientes anormais.

A hereditariedade epigenética poderá também desempenhar um papel.

Mae-Wan Ho e os seus colegas da Open University, na Grã-Bretanha, repetiram as experiências de Waddington durante a década de 1980.²⁶

Contudo, ao contrário de Waddington, utilizaram uma linhagem endogâmica de moscas-da-fruta com muito pouca variabilidade genética, pelo que existia uma margem muito reduzida para efeitos de seleção genética.

Também não selecionaram as moscas *bithorax* como progenitoras da geração seguinte; a grande maioria dos progenitores apresentava uma aparência normal.

Ainda assim, na ausência de efeitos de seleção genética, verificaram que o tratamento dos ovos com éter, geração após geração, conduzia a um aumento da proporção de moscas *bithorax*.

Após dez gerações, algumas das moscas desenvolvidas a partir de ovos não tratados apresentavam a característica *bithorax*, tal como os seus descendentes, novamente sem tratamento com éter.

Quanto maior era o número de vezes que as moscas se desenvolviam anormalmente, maior se tornava a probabilidade de surgirem fenocópias *bithorax*.

Experiências realizadas na Universidade de Stanford durante a década de 1990 mostraram igualmente que a proporção de fenocópias *bithorax* aumentava progressivamente ao longo de gerações sucessivas tratadas com éter.²⁷

A descoberta mais notável realizada no laboratório de Ho foi que, depois de as moscas experimentais terem sido tratadas com éter durante seis gerações, novos grupos de moscas cujos progenitores nunca tinham sido expostos ao éter reagiam mais intensamente ao mesmo tratamento.

Na primeira geração, 10 por cento dos descendentes apresentavam a característica *bithorax*; na segunda, 20 por cento — em comparação com 2 por cento e 6 por cento, respetivamente, nas primeira e segunda gerações da linhagem experimental original.

Por outras palavras, as fenocópias tornavam-se mais prováveis depois de moscas semelhantes já terem desenvolvido a fenocópia *bithorax*, mesmo em moscas cujos antepassados nunca tinham sido expostos ao éter.

Este resultado seria previsível com base na ressonância mórfica, mas não com base em qualquer outra hipótese.

Na conceção de novas experiências destinadas a testar a ressonância mórfica em moscas-da-fruta, poderiam ser comparadas duas linhagens.

Numa delas, E, as moscas descenderiam de progenitores submetidos a stress, e os ovos seriam tratados com éter em todas as gerações.

Na outra, F, os ovos tratados com éter proviriam de progenitores não submetidos a stress, cujos antepassados também nunca teriam sido expostos a stress (Fig. 20).

Se a ressonância mórfica estivesse em ação, a frequência das fenocópias deveria aumentar em ambas as linhagens, mas o efeito seria mais intenso na linhagem E devido à combinação entre a ressonância mórfica e a hereditariedade epigenética.

Durante a década de 1930, Richard Goldschmidt, um dos mais brilhantes geneticistas da sua geração, verificou que, nas moscas-da-fruta, «é possível produzir praticamente todos os tipos conhecidos de mutante sob a forma de fenocópia através da aplicação de diferentes graus de choque térmico durante os períodos sensíveis da pupa».²⁸

Waddington prosseguiu as observações de Goldschmidt estudando os efeitos dos choques térmicos sobre as pupas das moscas-da-fruta, concentrando-se no desenvolvimento das nervuras das asas.

Verificou que a exposição de pupas com 22 horas de desenvolvimento a uma temperatura de 40 °C fazia com que algumas se transformassem em fenocópias «sem nervuras transversais».

Nas gerações sucessivas, a proporção aumentou.

Após quinze gerações, mais de 90 por cento das moscas apresentavam asas sem nervuras transversais.

A partir da décima quarta geração, algumas das pupas não tratadas começaram igualmente a desenvolver asas sem nervuras transversais.²⁹

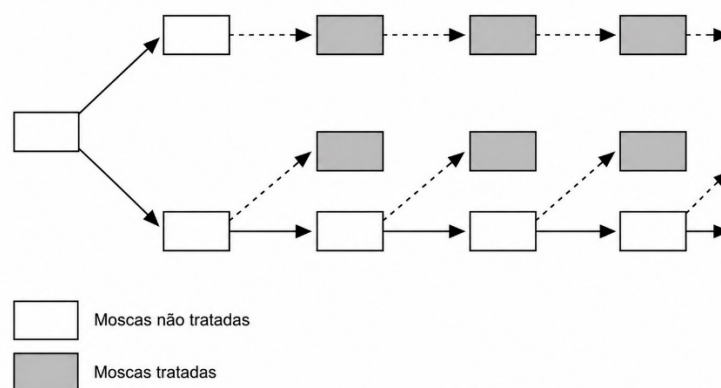


Figura 20 — Representação diagramática de uma experiência com uma linhagem endogâmica de moscas-da-fruta, comparando o efeito do tratamento dos ovos com éter — linhas pontilhadas — ao longo de gerações sucessivas de moscas descendentes de progenitores tratados com éter — em cima — com linhagens de controlo — em baixo. Se a proporção de fenocópias aumentasse ao longo das gerações sucessivas da linhagem de controlo, isso indicaria um efeito de ressonância mórfica. Um aumento na linhagem experimental, constituída por moscas descendentes de progenitores tratados com éter, poderia dever-se a uma combinação entre ressonância mórfica e hereditariedade epigenética.

As fenocópias ocorrem em muitos outros animais, incluindo borboletas.

Os padrões das asas das borboletas são particularmente suscetíveis a choques de calor ou frio.

Por exemplo, quando as pupas da espécie centro-europeia *Vanessa urticae* eram expostas a temperaturas baixas, algumas produziam adultos com padrões alares indistinguíveis dos da *Vanessa polaris*, encontrada na Lapónia.³⁰

Uma grande diversidade de plantas, incluindo algas e hepáticas, também forma fenocópias em resposta a alterações físicas ou químicas do ambiente.³¹

As fenocópias possuem grande interesse por direito próprio e proporcionam muitas oportunidades para investigar o papel da ressonância mórfica na morfogénese.

CAPÍTULO 8

A Evolução das Formas Biológicas

1. A Teoria Neodarwinista da Evolução

Na realidade, sabe-se muito pouco — e talvez nunca se possa saber muito — acerca dos pormenores da evolução no passado. A evolução também não é facilmente observável no presente.

Mesmo numa escala temporal medida em milhões de anos, a origem de novas espécies é rara, e a de novos géneros, famílias e ordens é ainda mais rara.

As transformações evolutivas efetivamente observadas envolvem sobretudo o desenvolvimento de novas variedades ou raças no interior de espécies já estabelecidas.

Os exemplos mais conhecidos dizem respeito ao aparecimento de raças de coloração escura em várias espécies europeias de traças, em regiões onde a poluição industrial provocou o escurecimento das superfícies sobre as quais pousavam.

Afirmou-se que os mutantes escuros eram favorecidos pela seleção natural por estarem mais bem camuflados e, conseqüentemente, menos sujeitos à predação pelas aves.

Contudo, até o exemplo clássico da traça-pimenta revelou-se questionável; os indícios frequentemente citados incluem fotografias enganosas e experiências metodologicamente deficientes.¹

Com indícios diretos tão escassos e tão poucas possibilidades de realização de testes experimentais, qualquer interpretação do mecanismo da evolução será inevitavelmente especulativa.

Não sendo restringida por factos pormenorizados, consistirá, em grande medida, numa elaboração dos pressupostos iniciais acerca da natureza da hereditariedade e das fontes de variação hereditária.

A interpretação ortodoxa é proporcionada pela teoria neodarwinista, que difere da teoria darwinista original em dois aspetos fundamentais.

Em primeiro lugar, nega a hereditariedade dos hábitos, que Darwin aceitava, e afirma que a hereditariedade é essencialmente genética.

Em segundo lugar, pressupõe que a fonte última da variabilidade hereditária reside em mutações aleatórias do material genético.

A maioria dos teóricos neodarwinistas pressupõe que a evolução divergente, sob a influência da seleção natural durante longos períodos, conduzirá não apenas ao desenvolvimento de novas variedades e subespécies, mas também de novas espécies, géneros e famílias.²

Esta perspetiva tem sido contestada com o argumento de que as diferenças entre estas divisões taxonómicas superiores são demasiado grandes para terem surgido através de transformações graduais.

Além de outras dificuldades, os organismos diferem frequentemente quanto ao número e à estrutura dos seus cromossomas.

Vários autores sugeriram que estas transformações evolutivas em grande escala ocorrem subitamente, em resultado de macromutações.

Animais e plantas monstruosos, nos quais determinadas estruturas foram transformadas, reduplicadas ou suprimidas, proporcionam exemplos contemporâneos dessas alterações súbitas.

Ocasionalmente, no decurso da evolução, alguns «monstros promissores» poderão ter sobrevivido e reproduzido.³

Um argumento favorável a esta perspetiva é que, enquanto as alterações graduais produzidas sob pressão seletiva deveriam

originar formas dotadas de um valor adaptativo definido — exceto, talvez, em pequenas populações sujeitas a «deriva genética» —, as macromutações poderiam produzir toda uma variedade de transformações em grande escala aparentemente gratuitas.

Estas só seriam eliminadas pela seleção natural caso fossem positivamente prejudiciais, ajudando assim a explicar a extraordinária diversidade dos organismos vivos.⁴

Embora estes autores salientem a importância de alterações súbitas de grande magnitude, não discordam dos pressupostos ortodoxos segundo os quais a evolução, no seu conjunto, depende apenas de mutações aleatórias e da hereditariedade genética, em combinação com a seleção natural.

Críticos mais radicais opõem-se ao pressuposto mecanicista, implícito ou explícito, de que a evolução no seu conjunto é inteiramente desprovida de propósito.⁵

A negação metafísica de qualquer agência criadora ou propósito no processo evolutivo decorre da filosofia materialista, à qual a teoria neodarwinista está intimamente associada.⁶

Contudo, para evitar que as questões científicas e metafísicas se confundam irremediavelmente, a teoria neodarwinista deverá ser tratada, no contexto científico, não como dogma metafísico, mas como hipótese científica.

Enquanto tal, dificilmente poderá ser considerada demonstrada: na melhor das hipóteses, proporciona uma interpretação plausível dos processos evolutivos com base nos seus pressupostos acerca da hereditariedade genética e da aleatoriedade das mutações.

A hipótese da causalidade formativa permite observar a hereditariedade sob uma nova perspetiva e conduz, por conseguinte, a uma interpretação diferente da evolução.

2. Mutações

As transformações são impostas aos organismos tanto a partir do interior, através de mutações genéticas, como a partir do exterior, através de alterações ambientais.

As mutações são alterações acidentais da estrutura dos genes ou dos cromossomas, individualmente imprevisíveis não apenas na prática, mas também em princípio, porque dependem de acontecimentos probabilísticos.

Muitas mutações produzem efeitos tão nocivos que se revelam letais.

Entre as menos prejudiciais, algumas exercem influências quantitativas sobre os percursos da morfogénese e dão origem a variantes das formas normais (Secção 3 Cap.7); outras afetam os germes morfogenéticos de tal maneira que percursos completos da

morfogénese ficam bloqueados ou são substituídos por outros percursos (Secção 2 Cap.7).

Nos raros casos em que as mutações conduzem a alterações favorecidas pela seleção natural, não só a proporção dos genes mutantes na população tenderá a aumentar, em conformidade com a teoria neodarwinista, como a repetição dos novos percursos morfogenéticos num número crescente de organismos reforçará os novos creodos.

Em resultado da seleção natural, não evoluirão e se transformarão apenas os «fundos genéticos», mas também os campos morfogenéticos da espécie.

3. A Divergência dos Creodos

Se uma mutação ou alteração ambiental perturbar um percurso normal da morfogénese num estágio relativamente inicial, o sistema poderá conseguir regular-se e prosseguir até produzir uma forma final normal, apesar dessa perturbação.

Se este processo se repetir geração após geração, o desvio creódico será estabilizado pela ressonância mórfica.

Consequentemente, toda uma raça ou variedade de uma espécie passará a seguir um percurso anormal da morfogénese, continuando, no entanto, a produzir a forma adulta habitual.

Foram, de facto, descritos muitos casos deste tipo, designados **desvios temporários do desenvolvimento**.

Por exemplo, no verme turbelário *Prorhynchus stagnitilis*, as células-ovo segmentam-se segundo um padrão espiral ou radial, e os embriões em desenvolvimento crescem no interior da gema ou sobre a sua superfície.

Devido a estas diferenças durante os primeiros estádios da embriologia, alguns órgãos formam-se segundo sequências diferentes; ainda assim, os animais adultos são idênticos.

Numa única espécie do verme anelídeo *Nereis*, são produzidos dois tipos muito diferentes de larva; contudo, ambos se desenvolvem até atingirem a mesma forma adulta.⁷

Em alguns casos deste tipo, os desvios temporários poderão ser adaptativos, por exemplo, em relação às condições da vida larvar; na maioria, porém, ocorrem sem qualquer razão reconhecível.

Possuem uma importância evolutiva muito maior as divergências dos creodos que não são completamente corrigidas por regulação e que, por conseguinte, dão origem a formas finais diferentes.

Essas alterações do percurso de desenvolvimento poderão surgir em resultado de mutações (Secção 3 Cap.7) ou de condições ambientais invulgaes (Secção 6 Cap.7).

No caso de uma mutação ocorrida num ambiente inalterado, se a forma final divergente possuir uma vantagem seletiva, a frequência dos genes mutantes aumentará no interior da população, e o novo creodo será também progressivamente reforçado pela ressonância mórfica.

Nos casos mais complexos, em que uma forma variante surge em resposta a condições ambientais invulgares e possui vantagem seletiva, o novo creodo será reforçado como anteriormente, enquanto a seleção favorecerá também os organismos geneticamente capazes de responder desse modo — como nas experiências de Waddington com moscas-da-fruta (Secção 9 Cap.7).

Assim, os caracteres adquiridos tornar-se-ão hereditários através de uma combinação de ressonância mórfica e seleção genética.

Em condições naturais, a atuação de diferentes pressões seletivas sobre populações de uma espécie geográfica ou ecologicamente isoladas produzirá uma divergência tanto dos respetivos «fundos genéticos» como dos seus creodos.

Inúmeras espécies de animais e plantas divergiram, de facto, em raças e variedades genética e morfologicamente distintas; os animais domesticados e as plantas cultivadas proporcionam exemplos familiares.⁸

Pense-se, por exemplo, nas raças de cães extraordinariamente diversas, desde o galgo afegão ao pequinês, ou nas variedades da couve *Brassica oleracea*, como a couve-galega, a couve-lombarda, a couve-de-bruxelas, os brócolos e a couve-flor.

Em alguns casos, a divergência morfológica afeta apenas uma estrutura específica ou um pequeno grupo de estruturas, enquanto as restantes permanecem relativamente inalteradas.

Por exemplo, no pequeno peixe *Belone acus*, durante os primeiros estádios do desenvolvimento, os maxilares assemelham-se aos de espécies aparentadas, mas desenvolvem-se posteriormente num focinho extremamente alongado.⁹

Muitos exageros estruturais evoluíram sob a influência da seleção sexual, como acontece, por exemplo, com as armações dos veados.

E as flores proporcionam milhares de exemplos do desenvolvimento divergente de diferentes partes constituintes; comparem-se, por exemplo, as modificações das pétalas nas diferentes espécies de orquídeas.

Noutros casos, a forma de muitas estruturas diferentes alterou-se de maneira correlacionada.

Na verdade, quando as formas variam de modo particularmente uniforme e harmonioso, podem ser comparadas diagramaticamente

através da distorção sistemática de coordenadas sobrepostas (Fig. 21), como mostrou Sir D'Arcy Thompson no capítulo do seu ensaio *On Growth and Form* intitulado «A Teoria das Transformações, ou a Comparação de Formas Aparentadas».

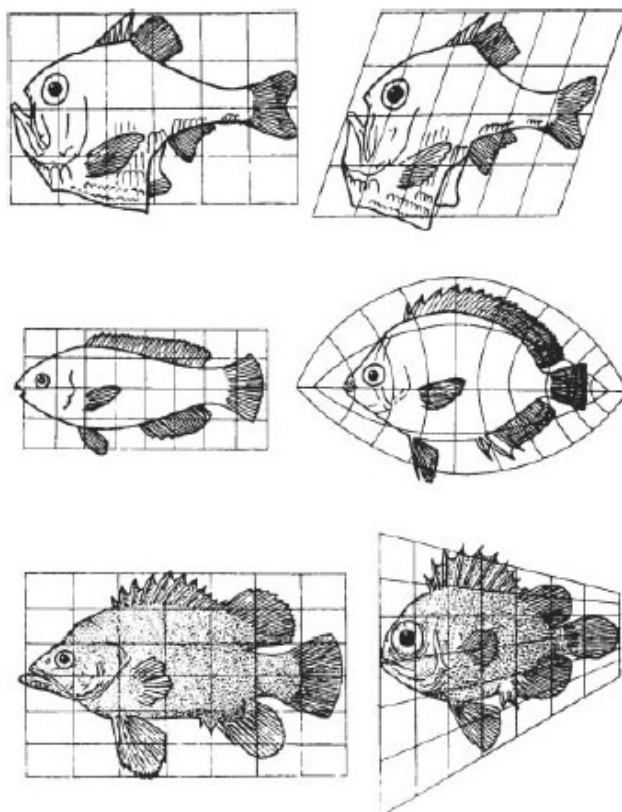


Figura 21 — Comparações entre as formas de diferentes espécies de peixes. (De Thompson, 1942. Reproduzido por cortesia da Cambridge University Press.)

Estes tipos de transformação evolutiva ocorrem no contexto de campos morfogenéticos já existentes.

Produzem variações sobre temas determinados, mas não conseguem explicar os próprios temas.

Nas palavras de Thompson:

Não podemos transformar um invertebrado num vertebrado, nem um celenterado num verme, através de qualquer deformação simples e legítima, nem por qualquer processo que não implique uma redução aos princípios elementares...

A semelhança formal, da qual dependemos como guia seguro das afinidades entre animais dentro de determinados limites ou graus de parentesco e proximidade, deixa, noutros casos, de nos servir, porque, em certas circunstâncias, deixa de existir.

As nossas analogias geométricas pesam fortemente contra a concepção darwinista de pequenas variações contínuas e intermináveis; ajudam a mostrar que as variações descontínuas são naturais e que... transformações súbitas, maiores ou menores, tiveram inevitavelmente de ocorrer, dando ocasionalmente origem a novos «tipos».¹⁰

4. A Supressão dos Creodos

Enquanto a divergência dos creodos no interior de campos morfogenéticos já existentes permite uma variação contínua ou quantitativa da forma, as alterações do desenvolvimento que envolvem a supressão de creodos ou a substituição de um creodo por outro produzem descontinuidades qualitativas.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, estes efeitos são produzidos por mutações homeóticas ou por fatores ambientais que alteram os germes morfogenéticos (Secção 2 Cap.7).

Na Fig. 18 são apresentados exemplos de folhas mutantes de ervilheira nas quais os folíolos substituem as gavinhas, e na Fig. 17, um mutante *bithorax* de *Drosophila*.

Transformações deste tipo ocorreram provavelmente com frequência no decurso da evolução.

Por exemplo, em determinadas espécies de *Acacia*, as folhas foram suprimidas, e a sua função passou a ser desempenhada por pecíolos achatados.

Este processo pode ser observado diretamente nas plântulas, cujas primeiras folhas formadas são tipicamente pinuladas (Fig. 22).

Nos membros da família dos cactos, as folhas foram substituídas por espinhos.

Entre os insetos, existem, em quase todas as ordens, espécies nas quais as asas foram suprimidas em ambos os sexos — como em determinadas moscas parasitas — ou apenas num deles — como na fêmea do escaravelho conhecido como pirilampo.

No caso das formigas, as larvas femininas desenvolvem-se como rainhas aladas ou como obreiras sem asas, dependendo da constituição química da sua alimentação.

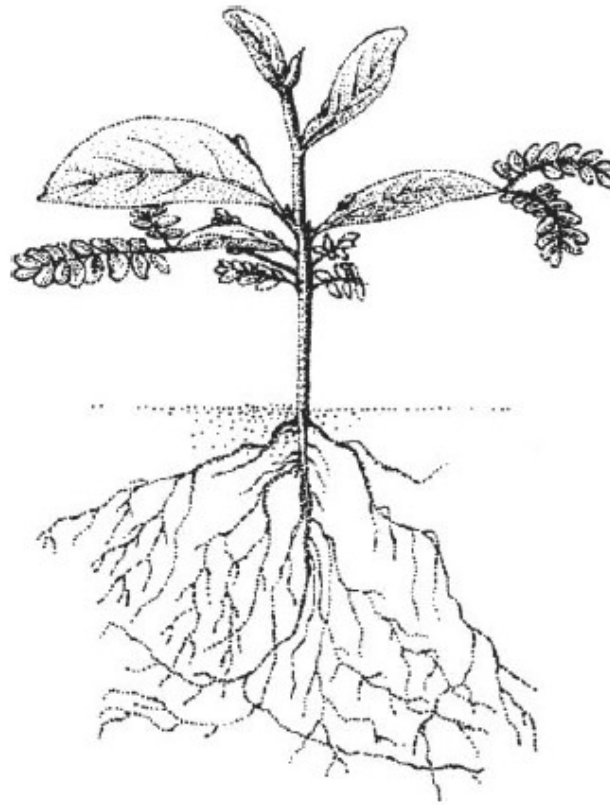


Figura 22 — Plântula de uma espécie de *Acacia*. (Segundo Goebel, 1898.)

Em algumas espécies, as formas juvenis atingem a maturidade sexual e reproduzem-se sem alguma vez produzirem as estruturas características do adulto, que são, por assim dizer, contornadas.

O exemplo clássico é o axolote, uma forma larvar da salamandra-tigre, que atinge o tamanho máximo e a maturidade sexual sem perder as suas características larvares.

Quando recebem hormona tiroideia, os axolotes metamorfoseiam-se na forma adulta de respiração aérea e abandonam a água, passando para terra.

Os exemplos mais extremos de supressão de creodos encontram-se entre os parasitas, alguns dos quais perderam quase todas as estruturas características das formas aparentadas de vida livre.

5. A Repetição dos Creodos

Em todos os organismos multicelulares, algumas estruturas repetem-se várias ou muitas vezes: os tentáculos da *Hydra*, os braços das estrelas-do-mar, as patas das centopeias, as penas das aves, as folhas das árvores, etc.

Muitos órgãos são também constituídos por unidades estruturais repetidas: os túbulos dos rins, os segmentos dos frutos, entre outros.

E, evidentemente, os tecidos contêm milhões ou milhares de milhões de células pertencentes a alguns tipos básicos.

Se, em resultado de mutações ou alterações ambientais, se formarem germes morfogenéticos adicionais no interior dos organismos em desenvolvimento, determinadas estruturas poderão repetir-se mais vezes do que o habitual.

Um exemplo hortícola familiar é o das flores «dobradas», que contêm pétalas adicionais.

Por vezes, nascem bebés humanos com dedos adicionais nas mãos ou nos pés.

E nos tratados clássicos de teratologia encontram-se muitos casos de estruturas anormalmente reduplicadas, desde vitelos com duas cabeças a pêras múltiplas monstruosas (Fig. 23).

À medida que estas estruturas adicionais se desenvolvem, ocorre regulação de modo a integrá-las, de forma mais ou menos completa, no restante organismo.

Por exemplo, as pétalas adicionais das flores dobradas possuem ligações vasculares normais, e os dedos suplementares das mãos e dos pés recebem irrigação sanguínea e inervação adequadas.

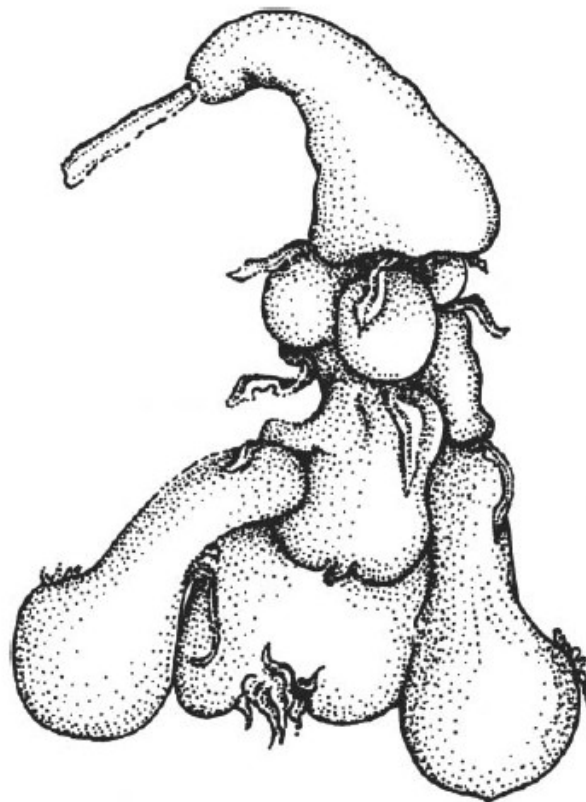


Figura 23 — Uma pêra monstruosa. (Segundo Masters, 1869.)

A reduplicação de unidades estruturais deverá ter desempenhado um papel essencial na evolução de novos tipos de animais e plantas, como demonstram as repetições estruturais existentes nos organismos atuais.

Além disso, muitas estruturas de animais e plantas atualmente diferentes poderão ter evoluído a partir de unidades originalmente semelhantes.

Por exemplo, acredita-se que os insetos tenham evoluído a partir de criaturas semelhantes a centopeias primitivas, dotadas de uma série de segmentos mais ou menos idênticos, cada um com um par de apêndices semelhantes a patas.

Os apêndices dos segmentos situados na extremidade anterior poderão ter dado origem às peças bucais e às antenas, enquanto os segmentos se fundiram para formar a cabeça.

Na extremidade posterior, alguns apêndices poderão ter sido modificados, originando estruturas envolvidas no acasalamento e na manipulação dos ovos.

Nos segmentos abdominais, os apêndices foram suprimidos, mas nos três segmentos torácicos foram conservados e evoluíram, dando origem às patas dos insetos modernos.¹¹

Esta divergência de creodos originalmente semelhantes só teria sido possível se os germes morfogenéticos segmentares se tivessem diferenciado entre si quanto à sua estrutura; caso contrário, todos teriam continuado a associar-se, por ressonância mórfica, aos mesmos campos morfogenéticos.

Mesmo nos insetos modernos, quando esta diversificação dos primórdios segmentares não ocorre durante os primeiros estádios da embriologia, perdem-se as diferenças normais entre os segmentos.

É isto que acontece na mosca-da-fruta *Drosophila*, em resultado de mutações homeóticas no complexo genético *bithorax*.

Algumas transformam as estruturas do terceiro segmento torácico nas do segundo, fazendo com que a mosca apresente dois pares de asas em vez de um (Fig. 17).

Outras transformam segmentos abdominais em segmentos do tipo torácico, dotados de patas.

E outras produzem o efeito inverso, transformando segmentos torácicos em segmentos do tipo abdominal.¹²

6. A Influência de Outras Espécies

Há muito que os criadores de animais e plantas observaram que as variedades cultivadas produzem ocasionalmente descendentes semelhantes ao tipo selvagem ancestral.

Além disso, quando se cruzavam duas variedades cultivadas distintas, as características dos descendentes assemelhavam-se, por vezes, não às de qualquer dos tipos parentais, mas às dos antepassados selvagens.

Este fenómeno era designado por «reversão» ou «atavismo».

Darwin interessava-se particularmente por este fenómeno, porque estava de acordo com as suas ideias acerca da evolução e da hereditariedade dos hábitos ancestrais.¹³

Num contexto evolutivo, algumas anomalias morfológicas podem ser interpretadas como regressos a padrões de desenvolvimento de espécies ancestrais mais ou menos remotas.

Por exemplo, a formação de dois pares de asas nos mutantes *bithorax* de *Drosophila* (Fig. 17) pode ser interpretada como um regresso aos antepassados das moscas, que possuíam quatro asas.¹⁴

Na literatura teratológica encontram-se muitos outros exemplos de presumíveis atavismos.¹⁵

Naturalmente, estas interpretações só podem ser especulativas, mas não são necessariamente rebuscadas.

Mutações ou fatores ambientais anormais poderiam produzir, nos tecidos embrionários, condições internas semelhantes às existentes nos tipos ancestrais, com consequências morfogénéticas semelhantes.

Na maioria das plantas e animais, apenas uma pequena proporção — menos de 5 por cento — do ADN cromossómico contém genes que codificam as proteínas dos organismos.

A função da grande maioria do ADN é desconhecida.

Parte desse ADN poderá desempenhar um papel no controlo da síntese proteica; outra parte poderá exercer uma função estrutural nos cromossomas; e outra poderá consistir em genes ancestrais «redundantes» que já não são expressos.

Tem sido sugerido que, se uma mutação — por exemplo, provocada por uma reorganização da estrutura cromossómica — conduzisse à expressão desses genes «latentes», poderiam voltar subitamente a ser produzidas proteínas características de antepassados remotos, resultando, em alguns casos, no reaparecimento de estruturas há muito perdidas.¹⁶

Nos termos da hipótese da causalidade formativa, se qualquer dessas alterações levasse um germe morfogénético a assumir uma

estrutura e um padrão vibratório semelhantes aos de uma espécie ancestral, esse germe ficaria sob a influência de um campo morfogenético dessa espécie, ainda que todos os seus membros se encontrassem extintos há milhões de anos.

Além disso, este efeito não teria de se limitar a tipos ancestrais.

Se, em resultado de uma mutação — ou por qualquer outra razão —, uma estrutura germinal de um organismo em desenvolvimento se tornasse suficientemente semelhante ao germe morfogenético de qualquer outra espécie, contemporânea ou extinta, «sintonizar-se-ia» com um creodo característico dessa espécie.

E, se as células fossem capazes de sintetizar as proteínas apropriadas, o sistema desenvolver-se-ia então sob a influência desse creodo.

No decurso da evolução, estruturas muito semelhantes parecem ter surgido, por vezes, independentemente em linhagens com graus de parentesco maiores ou menores.

Por exemplo, entre os caracóis terrestres mediterrânicos — espécies pertencentes a géneros bem diferenciados, identificáveis pelos respetivos órgãos genitais — encontram-se conchas de forma e estrutura quase idênticas.

Géneros de amonites fósseis apresentam repetidamente um desenvolvimento paralelo de conchas com quilhas e sulcos.

E padrões alares semelhantes ou idênticos ocorrem em famílias de borboletas bastante diferentes.¹⁷

Se uma mutação levasse um organismo a «sintonizar-se» com os creodos de outra espécie e, conseqüentemente, a desenvolver estruturas características dessa espécie, seria rapidamente eliminado pela seleção natural caso essas estruturas reduzissem as suas probabilidades de sobrevivência.

Por outro lado, se fosse favorecido pela seleção natural, a proporção desses organismos na população tenderia a aumentar.

As pressões seletivas que favorecessem esse aumento poderiam ser semelhantes às que favoreceram a evolução original da característica na outra espécie.

E, por vezes, a própria semelhança estrutural poderia ser favorecida, precisamente porque permitiria ao organismo imitar membros de outra espécie.

Assim, os paralelismos evolutivos poderão depender tanto da captação, por uma espécie, dos campos morfogenéticos de outra como de pressões seletivas paralelas.

7. A Origem de Novas Formas

Segundo a hipótese da causalidade formativa, a ressonância mórfica e a hereditariedade genética explicam, em conjunto, a

repetição dos padrões característicos da morfogénese ao longo das gerações sucessivas de plantas e animais.

Os caracteres adquiridos em resposta ao ambiente podem tornar-se hereditários através de uma combinação de ressonância mórfica, epigenética e seleção genética.

A morfologia dos organismos pode ser alterada através da supressão ou repetição de creodos; e alguns exemplos notáveis de evolução paralela podem ser atribuídos à transferência de creodos de uma espécie para outra.

Contudo, nem a repetição, a modificação, a adição, a subtração ou a permutação de campos morfogenéticos já existentes conseguem explicar a origem dos próprios campos.

No decurso da evolução, tiveram de surgir unidades mórficas inteiramente novas, juntamente com os respetivos campos morfogenéticos:

- os campos dos tipos básicos de células, tecidos e órgãos;
- os campos de tipos fundamentalmente diferentes de plantas inferiores e superiores e de animais, como os musgos, fetos, coníferas, aranhas, aves e mamíferos;
- e os campos de estruturas como as penas e os olhos.

Como será discutido no Capítulo 12, a origem das novas formas pode ser atribuída à atividade criadora de uma agência que permeia e transcende a natureza; a um impulso criador imanente à natureza; ou ao acaso cego e desprovido de propósito.

Do ponto de vista das ciências naturais, a questão da criatividade evolutiva só pode permanecer em aberto.

CAPÍTULO 9

Movimentos e Campos Comportamentais

1. Introdução

A discussão dos capítulos anteriores incidiu sobre o papel da causalidade formativa na morfogénese. O tema deste capítulo e dos dois seguintes é o papel da causalidade formativa no controlo do movimento e do comportamento.

Alguns movimentos das plantas e dos animais são espontâneos, isto é, ocorrem na ausência de qualquer estímulo específico proveniente do ambiente. Outros movimentos surgem em resposta a estímulos ambientais.

Naturalmente, os organismos respondem passivamente a forças físicas intensas — uma árvore pode ser derrubada pelo vento, ou um animal arrastado por uma forte corrente de água —, mas muitas respostas são ativas e não podem ser explicadas como simples efeitos físicos ou químicos dos estímulos sobre o organismo no seu conjunto: revelam a sensibilidade do organismo ao ambiente.

Esta sensibilidade depende, geralmente, de recetores especializados ou órgãos dos sentidos.

As bases físicas e químicas da excitação desses recetores especializados por estímulos ambientais foram estudadas com considerável pormenor; o mesmo aconteceu com a fisiologia dos impulsos nervosos e com o funcionamento dos músculos e de outras estruturas motoras.

Contudo, sabe-se muito pouco acerca do controlo e da coordenação do comportamento.

Neste capítulo, proponho que, assim como a causalidade formativa organiza a morfogénese através das estruturas de probabilidade de campos que impõem padrão e ordem a processos energeticamente indeterminados, também organiza os movimentos e, conseqüentemente, o comportamento.

As semelhanças entre a morfogénese e o comportamento não são imediatamente evidentes, mas tornam-se mais fáceis de compreender no caso das plantas e dos animais unicelulares, como a *Amoeba*, cujos movimentos são essencialmente morfogenéticos.

Serão estes os primeiros casos considerados.

2. Os Movimentos das Plantas

As plantas movem-se, geralmente, através do crescimento.¹

Este facto torna-se mais fácil de reconhecer quando são observadas em filmes acelerados: os rebentos alongam-se e

curvam-se em direção à luz; as raízes principais penetram verticalmente no solo; e as extremidades das gavinhas e dos caules trepadores descrevem amplas espirais no ar até entrarem em contato com um suporte sólido, em torno do qual se enrolam.²

O crescimento e o desenvolvimento das plantas ocorrem sob o controlo dos seus campos morfogenéticos, que lhes conferem as formas características.

Contudo, a orientação desse crescimento é determinada, em grande medida, pelos estímulos direcionais da gravidade e da luz.

Os fatores ambientais influenciam também o tipo de desenvolvimento. Por exemplo, sob uma iluminação fraca, as plantas ficam estioladas: os seus rebentos crescem com relativa rapidez, de forma fina e alongada, até alcançarem uma zona mais iluminada.

A gravidade é «sentida» através dos seus efeitos sobre grãos de amido, que rolam para baixo e se acumulam nas regiões inferiores das células.³

A direção de onde provém a luz é detetada pela absorção diferencial de energia radiante nos lados iluminado e sombreado dos órgãos, através de um pigmento carotenoide amarelo.⁴

O sentido do «tato», através do qual os rebentos trepadores e as gavinhas localizam suportes sólidos, poderá envolver a libertação

de uma substância química simples, o etileno, pelas células superficiais quando são estimuladas mecanicamente.⁵

A transição do crescimento estiolado para o crescimento normal depende da absorção da luz por um pigmento proteico azul denominado **fitocromo**.⁶

As respostas a estes estímulos envolvem alterações físicas e químicas complexas no interior das células e dos tecidos e, em alguns casos, dependem da distribuição diferencial de hormonas como a auxina.

Todavia, as reações não podem ser explicadas apenas com base nessas alterações físicas e químicas, mas unicamente no contexto dos campos morfogenéticos globais das plantas.

Por exemplo, devido à sua polaridade inerente, as plantas produzem rebentos numa extremidade e raízes na outra.

O estímulo direcional da gravidade orienta este desenvolvimento polarizado, fazendo com que os rebentos cresçam para cima e as raízes para baixo.

A ação do campo gravitacional sobre os grãos de amido existentes no interior das células e as consequentes alterações na distribuição hormonal são, efetivamente, causas destes movimentos orientados de crescimento.

Contudo, não conseguem, por si sós, explicar a polaridade preexistente; nem o facto de os rebentos principais e as raízes responderem em sentidos exatamente opostos; nem por que razão algumas plantas se desenvolvem como árvores, enquanto outras são ervas anuais ou perenes, trepadeiras ou rastejantes; nem os padrões específicos de ramificação dos sistemas caular e radicular das diferentes espécies, incluindo as formas segundo as quais se expandem — o porte ereto de um choupo-da-Lombardia é muito diferente da forma de um carvalho-inglês.

Todas estas características dependem dos campos morfogenéticos.

Embora a maioria dos movimentos das plantas ocorra apenas nos órgãos jovens em crescimento, algumas estruturas conservam a capacidade de se mover mesmo depois de atingirem a maturidade, como as flores que abrem e fecham diariamente e as folhas que se dobram durante a noite.

Estes movimentos são influenciados pela intensidade da luz e por outros fatores ambientais; encontram-se também sob o controlo de um «relógio fisiológico» e continuam a ocorrer em intervalos aproximadamente diários, mesmo quando as plantas são colocadas num ambiente invariável.⁷

As folhas ou pétalas abrem porque células especializadas existentes na região de «articulação» das suas bases se tornam túrgidas; fecham quando essas células perdem água devido a

alterações na permeabilidade das suas membranas aos iões inorgânicos.⁸

A recuperação da turgescência é um processo ativo que exige energia, comparável ao crescimento.

Além de realizarem movimentos de «sono», as folhas de algumas espécies movem-se durante o dia em resposta à alteração da posição do Sol.

Por exemplo, no feijão-guandu, *Cajanus cajan*, os folíolos expostos ao Sol orientam-se aproximadamente em paralelo com os raios solares, expondo a menor área superficial possível à intensa radiação tropical.

As folhas que se encontram à sombra, pelo contrário, orientam-se perpendicularmente à radiação incidente, intercetando assim a maior quantidade possível de luz.

Estas respostas dependem da direção e da intensidade da luz que incide sobre as articulações foliares especializadas, os **pulvinos**.

Ao longo do dia, as folhas e os folíolos ajustam continuamente as suas posições à medida que o Sol atravessa o céu.

Durante a noite, assumem as suas posições verticais de «sono»: os pulvinos são sensíveis tanto à gravidade como à luz.

Na planta sensível, *Mimosa pudica*, os folíolos fecham-se e as folhas inclinam-se para baixo durante a noite, como acontece em muitas outras plantas leguminosas.

Contudo, estes movimentos também ocorrem rapidamente durante o dia em resposta à estimulação mecânica (Fig. 24).

O estímulo provoca uma onda de despolarização elétrica, semelhante a um impulso nervoso, que percorre a folha; se o estímulo for suficientemente intenso, o impulso propaga-se a outras folhas, que também se dobram.⁹

De modo semelhante, na diónea ou planta carnívora, *Dionaea muscipula*, a estimulação mecânica dos pêlos sensitivos existentes na superfície da folha provoca um impulso elétrico que se desloca até às células túrgidas da «articulação», as quais perdem rapidamente água.

A folha fecha-se como uma armadilha em torno dos insetos desafortunados, que são depois digeridos.¹⁰

Estes movimentos das folhas e dos folíolos em resposta à luz, à gravidade e à estimulação mecânica tornam-se possíveis porque certas células especializadas conseguem perder água e depois «crescer» novamente.

Conservam, por conseguinte, um potencial morfogenético simplificado, enquanto a maioria dos restantes tecidos perde esse potencial ao amadurecer e deixar de crescer.

Os movimentos reversíveis destas estruturas especializadas representam casos-limite da morfogénese, nos quais as alterações de forma se tornaram estereotipadas e repetitivas.

Contudo, a sua simplicidade quase mecanicista é evolutivamente secundária, e não primária; evoluiu a partir de um contexto em que a sensibilidade aos estímulos ambientais se encontra associada ao crescimento e à morfogénese da planta no seu conjunto.



Figura 24 — Folhas da planta sensível, *Mimosa pudica*. À esquerda, não estimulada; à direita, estimulada.

3. Movimento Ameboide

As amebas deslocam-se através do fluxo maciço do citoplasma para o interior de projeções em crescimento, os pseudópodes.

Normalmente, rastejam sobre a superfície de objetos sólidos através da extensão contínua das suas extremidades anteriores.

Contudo, se os pseudópodes forem tocados ou encontrarem calor ou soluções concentradas de várias substâncias químicas, deixam de crescer; outros desenvolvem-se no seu lugar, fazendo com que as células mudem de direção.

Se os novos pseudópodes encontrarem novamente estímulos potencialmente prejudiciais, também eles deixam de crescer, e as amebas deslocam-se noutra direção.

Este sistema de «tentativa e erro» prossegue até encontrarem um percurso sem obstáculos nem estímulos desfavoráveis.¹¹

Nas amebas que flutuam livremente e não estão expostas a qualquer estímulo direcional específico, não existe uma orientação constante do crescimento.

Os pseudópodes continuam a desenvolver-se em várias direções até que um deles entre em contato com uma superfície sobre a qual a ameba possa rastejar (Fig. 25).

A extensão dos pseudópodes ocorre, presumivelmente, sob a influência de um campo morfogenético polarizado específico.

A orientação segundo a qual os novos pseudópodes começam a formar-se poderá depender, em grande medida, de flutuações fortuitas no interior da célula.

Os pseudópodes virtuais projetados para o exterior a partir do corpo celular são então atualizados através da organização de filamentos contráteis e de outras estruturas existentes no citoplasma.

Este processo prossegue até o desenvolvimento dos pseudópodes ser inibido por estímulos ambientais ou pela competição com pseudópodes que crescem noutras direções.

O facto de os movimentos ameboides dependerem de processos morfogenéticos contínuos encontra-se adequadamente indicado no nome específico *Amoeba proteus*, que alude à divindade marinha mitológica que mudava continuamente de forma.

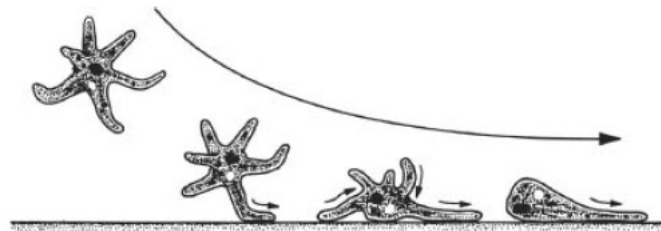


Figura 25 — Modo pelo qual uma ameba flutuante passa para uma superfície sólida. (Segundo Jennings, 1906.)

As amebas alimentam-se envolvendo partículas alimentares, como bactérias, através do processo de fagocitose.

Os pseudópodes crescem em torno da partícula que se encontra em contato com a superfície da célula; as membranas dos pseudópodes fundem-se, e a partícula fica encerrada no interior da célula, rodeada por uma porção da membrana celular.

Outras vesículas contendo enzimas digestivas fundem-se com esta vesícula fagocítica, e o alimento é digerido.

Este tipo de morfogénese distingue-se daquele que intervém na locomoção celular e ocorre, presumivelmente, sob a influência de um campo morfogenético diferente, cuja orientação depende do contato da potencial partícula alimentar com a membrana.

A partícula em contato com a membrana pode ser considerada o germe morfogenético; a forma final é a partícula envolvida no interior da célula.

O creodo da fagocitose que conduz a esta forma final é proporcionado pela ressonância mórfica proveniente de todos os atos semelhantes de fagocitose realizados por amebas semelhantes no passado.

4. A Morfogênese Repetitiva de Estruturas Especializadas

Os movimentos da maioria dos animais dependem da alteração da forma de determinadas estruturas especializadas, e não do corpo no seu conjunto.

O batimento de prolongamentos semelhantes a chicotes, os flagelos ou cílios, impulsiona muitos organismos unicelulares, enquanto a forma do restante corpo celular permanece mais ou menos fixa (Fig. 26).

Estes organelos móveis contêm longos elementos tubulares muito semelhantes aos microtúbulos citoplasmáticos.

Os cílios movem-se porque os filamentos de microtúbulos existentes no seu interior deslizam uns em relação aos outros, consumindo energia química, tal como os filamentos de actina e miosina deslizam entre si durante as contrações musculares.

A alteração da forma das proteínas dos microtúbulos gera uma força de cisalhamento, que provoca a curvatura dos flagelos ou cílios.¹²

Nos ciliados, os movimentos dos numerosos cílios individuais são coordenados de modo que ondas de batimento percorrem a superfície da célula.

Em algumas espécies, esta coordenação parece depender da influência mecânica exercida pelos cílios sobre os cílios vizinhos; noutras, depende de um sistema excitatório existente no interior da célula, provavelmente associado a finas fibrilas que ligam entre si as bases dos cílios.¹³

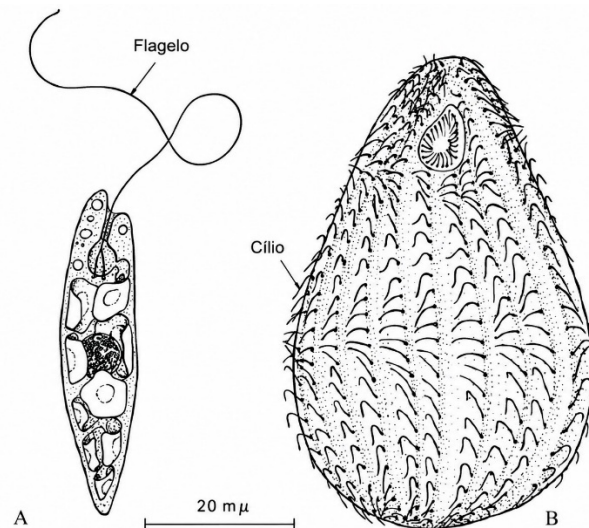


Figura 26 — A: Um flagelado, *Euglena gracilis*. (Segundo Raven et al., 1976.) B: Um ciliado, *Tetrahymena pyriformis*. (Segundo Mackinnon e Hawes, 1961.)

Quando um ciliado nadador, como o *Paramecium*, encontra um estímulo desfavorável, a direção do batimento ciliar inverte-se: o organismo recua e volta depois a nadar para a frente numa nova direção.¹⁴

Esta reação de evitamento é provavelmente desencadeada pela entrada de cálcio ou de outros iões na célula, em resultado de uma alteração da permeabilidade da membrana provocada pelo estímulo.¹⁵

A alteração da forma dos flagelos e cílios durante o batimento, bem como o controlo desse batimento, ocorre de maneira tão estereotipada e repetitiva que parece quase mecânica.

Esta especialização quase mecanicista da estrutura e da função é levada ainda mais longe nos animais multicelulares.

Células inteiras e grupos de células encontram-se especializados para realizar uma morfogénese simplificada e repetitiva durante os seus ciclos de contração e relaxamento.

Outras células possuem uma sensibilidade especializada à luz, a substâncias químicas, à pressão, à vibração ou a outros estímulos.

Os nervos, com os seus axónios enormemente alongados, estão especializados na condução de impulsos elétricos de um lugar para outro, ligando os órgãos dos sentidos e os músculos à rede nervosa ou ao sistema nervoso central.

5. Sistemas Nervosos

Assim como o batimento dos cílios na superfície de uma célula é coordenado através de fibrilas que ligam as bases dos cílios, também a contração das células musculares individuais é coordenada através dos nervos.

Quando um único nervo ativa várias células musculares vizinhas, estas podem ser levadas a contrair-se simultaneamente.

E, quando a atividade deste nervo integra um sistema de controlo de nível superior, a contração de diferentes grupos celulares pode ser coordenada ritmicamente, como acontece num músculo que mantém a tensão durante determinado período.

Sistemas de nível ainda mais elevado controlam ciclos repetitivos de contração em diferentes músculos, como os das patas de um animal enquanto corre.

As hierarquias de coordenação — cf. Fig. 10 — exprimem-se através do sistema nervoso.

Contudo, embora os nervos transmitam impulsos definidos de «tudo ou nada» de um lugar para outro, a causalidade formativa não poderia controlar os movimentos dos animais através do sistema nervoso se a atividade dos nervos não fosse, ao mesmo tempo, inerentemente probabilística.

Na realidade, é-o.

O disparo dos impulsos nervosos depende de alterações na permeabilidade das membranas das células nervosas aos iões inorgânicos, em especial ao sódio e ao potássio.

Estas alterações podem ser provocadas por estimulação elétrica ou por transmissores químicos específicos — por exemplo, a acetilcolina — libertados pelas terminações nervosas nas junções sinápticas (Fig. 27).

Há muito que se sabe que a excitação dos nervos através de estímulos elétricos próximos do nível limiar ocorre probabilisticamente.¹⁶

A principal razão para isso é o facto de o potencial eléctrico através da membrana flutuar de forma aleatória.¹⁷

Além disso, as alterações dos potenciais das membranas pós-sinápticas provocadas pelos transmissores químicos apresentam também flutuações aleatórias¹⁸, que parecem dever-se à abertura e ao encerramento probabilísticos de «canais» iónicos através da membrana.¹⁹

Existe um probabilismo inerente não apenas nas respostas das membranas pós-sinápticas aos transmissores químicos, mas também na libertação desses transmissores pelas terminações nervosas pré-sinápticas.

As moléculas transmissoras encontram-se armazenadas em numerosas vesículas microscópicas (Fig. 27) e são libertadas na fenda sináptica quando essas vesículas se fundem com a membrana.

Este processo ocorre espontaneamente em intervalos aleatórios, dando origem a descargas dos chamados **potenciais miniatura da placa terminal**.

A taxa de secreção aumenta consideravelmente quando um impulso chega à terminação nervosa, mas também aqui a fusão das vesículas com a membrana ocorre probabilisticamente.²⁰

No interior do cérebro, uma célula nervosa típica possui milhares de prolongamentos finos, semelhantes a fios, que terminam em junções sinápticas sobre outras células nervosas.

Inversamente, prolongamentos provenientes de centenas ou milhares de outras células nervosas terminam em sinapses na sua própria superfície (Fig. 27).

Algumas destas terminações nervosas libertam transmissores excitatórios, que tendem a promover o disparo de um impulso; outras são inibitórias e reduzem a tendência do nervo para disparar.

O desencadeamento dos impulsos depende de um equilíbrio entre influências excitatórias e inibitórias provenientes de centenas de sinapses.

Em determinado momento, em muitas células nervosas do cérebro, este equilíbrio encontra-se tão criticamente ajustado que o disparo ocorre ou deixa de ocorrer em consequência de flutuações probabilísticas no interior das membranas celulares ou das sinapses.

Assim, a propagação determinista dos impulsos nervosos de um lugar para outro no interior do corpo combina-se com um elevado

grau de indeterminação no sistema nervoso central, o qual, segundo a presente hipótese, é ordenado e estruturado pela causalidade formativa.

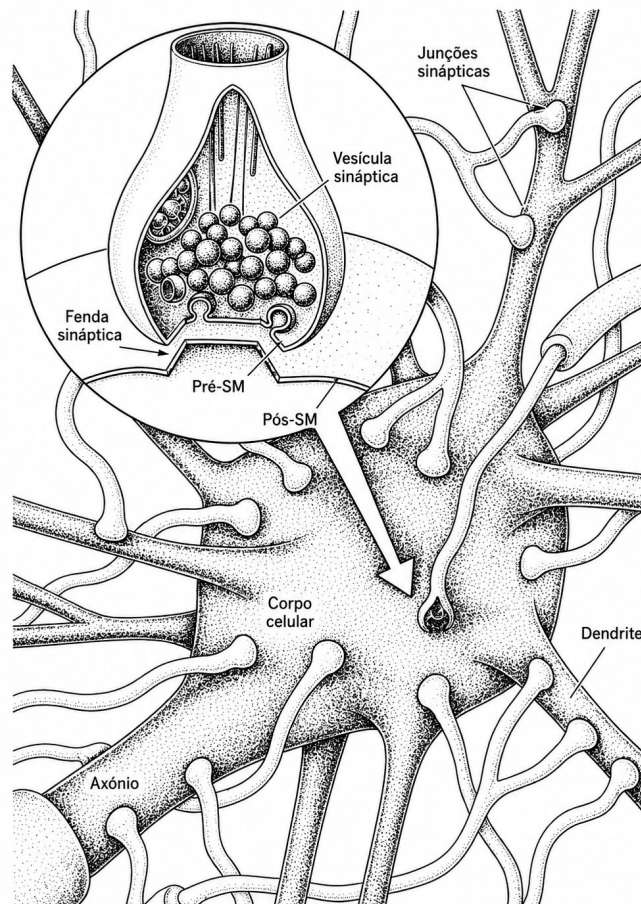


Figura 27 — Parte de uma célula nervosa, com numerosas sinapses na sua superfície. A ampliação mostra uma sinapse individual com maior pormenor. Membrana pré-sináptica = membrana pré-sináptica; membrana pós-sináptica = membrana pós-sináptica. (Baseado em Krstic, 1979.)

6. Campos Morfogenéticos, Campos Motores e Campos Comportamentais

Embora os campos que controlam as alterações de forma das estruturas motoras especializadas dos animais sejam, na realidade,

campos morfogenéticos, produzem movimentos em vez de alterações líquidas da forma.

Por essa razão, parece preferível chamar-lhes **campos motores**. A palavra «motor» é aqui utilizada como adjetivo do substantivo «movimento».

Tal como os campos morfogenéticos, os campos motores dependem da ressonância mórfica proveniente de sistemas semelhantes anteriores e relacionam-se com a atualização de formas virtuais.

Os percursos canalizados em direção a uma forma ou estado final podem ser designados por creodos no contexto dos campos motores, tal como no contexto dos campos morfogenéticos.

Os campos motores, à semelhança dos campos morfogenéticos, encontram-se organizados hierarquicamente e relacionam-se, em geral, com o desenvolvimento, a sobrevivência ou a reprodução.

Enquanto nas plantas estes processos são quase inteiramente morfogenéticos, nos animais dependem também do movimento.

Na verdade, na maioria dos animais, até a manutenção das funções normais do corpo envolve movimentos contínuos de órgãos internos, como o intestino, o coração e o sistema respiratório.

Ao contrário das plantas, os animais precisam de se alimentar de outros organismos para desenvolverem e manterem as suas formas.

Por conseguinte, um importante campo motor de nível superior presente em todos os animais é o da alimentação.

Neste ponto, o campo motor torna-se um **campo comportamental**, responsável por organizar padrões de comportamento herdados ou aprendidos.

Os campos comportamentais encontram-se organizados numa hierarquia encaixada, ou **holarquia** (Fig. 10), na qual os campos de nível superior coordenam a atividade dos campos de nível inferior, até aos campos motores que organizam a atividade dos grupos de células musculares.

O campo comportamental da alimentação organiza campos comportamentais subsidiários responsáveis por encontrar, obter e ingerir as plantas ou os animais que servem de alimento.

Alguns animais são sedentários e fazem com que o alimento se desloque até eles através de correntes de água; alguns limitam-se a mover-se até encontrarem plantas que possam comer; outros perseguem e caçam animais; alguns constroem armadilhas para capturar as presas; outros são parasitas; e outros ainda alimentam-se de cadáveres.

Todos estes métodos de alimentação dependem de hierarquias de creodos específicos.

Outro tipo fundamental de campo motor relaciona-se com o evitamento de condições desfavoráveis.

A *Amoeba* e o *Paramecium* apresentam o tipo mais simples de reação: recuam ou afastam-se do estímulo desfavorável e partem noutra direção.

Animais sedentários como o *Stentor* e a *Hydra* reagem a estímulos ligeiramente desfavoráveis contraindo o corpo; perante estímulos mais intensos, afastam-se e instalam-se noutro local.

Além das reações gerais de evitamento, os animais mais complexos apresentam também tipos especiais de comportamento, estruturados por campos comportamentais, que os ajudam a escapar aos predadores.

Podem, por exemplo, fugir rapidamente, manter-se firmes e assustar o predador de algum modo, ou «imobilizar-se» para se tornarem menos visíveis.

Os campos globais do desenvolvimento e da sobrevivência possuem como forma final o animal plenamente desenvolvido e em condições ideais.

Sempre que este estado é alcançado, o animal não precisa de realizar nenhuma ação específica; porém, os desvios relativamente a esse estado colocam-no sob a influência dos diferentes campos comportamentais orientados para a sua restauração.

Na realidade, esses desvios são frequentes: o metabolismo contínuo do animal esgota as reservas alimentares; as alterações ambientais expõem-no a condições desfavoráveis; e os predadores aproximam-se de forma imprevisível.

Estas e outras alterações são detetadas pelas estruturas sensoriais e produzem modificações características no sistema nervoso, diretamente ou através da libertação de hormonas como a adrenalina.

Estas modificações na atividade do sistema nervoso constituem as estruturas germinais de determinados campos comportamentais, que entram em ressonância mórfica com padrões semelhantes de atividade anteriormente ocorridos no mesmo animal ou noutros animais semelhantes.

Tanto a memória individual como a coletiva dependem da ressonância mórfica.²¹

O atrator do campo global da reprodução é o estabelecimento de descendência viável.

Nos organismos unicelulares e em animais multicelulares simples, como a *Hydra*, este objetivo é alcançado através de um processo morfogenético: os organismos dividem-se em dois ou produzem novos indivíduos por gemulação.

Do mesmo modo, os métodos primitivos de reprodução sexuada são essencialmente morfogenéticos.

Muitos animais inferiores — como os ouriços-do-mar — e plantas inferiores — como a alga *Fucus* — limitam-se a libertar milhões de óvulos e espermatozoides na água que os rodeia.

Nos animais mais complexos, os espermatozoides são libertados nas proximidades dos óvulos em resultado de comportamentos especializados de acasalamento.

Assim, o campo global da reprodução passa a abranger os campos comportamentais da procura de parceiro, da corte e da cópula.

Os organismos podem ficar sob a influência do primeiro campo motor da sequência em resultado de alterações fisiológicas internas mediadas por hormonas, bem como de estímulos olfativos, visuais ou outros provenientes de potenciais parceiros.

O ponto final do primeiro campo constitui o germe do segundo, e assim sucessivamente: a procura de parceiro é seguida pela corte, que, caso seja bem-sucedida, conduz ao creodo da cópula.

Nos casos mais simples, a forma final de toda a sequência é a ejaculação no macho e a postura dos ovos na fêmea.

Em muitos organismos aquáticos, estes são simplesmente libertados na água; contudo, nos animais terrestres, a deposição dos ovos envolve frequentemente padrões comportamentais complexos e altamente específicos.

Por exemplo, as vespas icneumonídeas injetam os seus ovos em lagartas de espécies específicas, no interior das quais as larvas se desenvolvem como parasitas.

As vespas-oleiras constroem pequenos «potes» nos quais colocam presas paralisadas, depositando depois os ovos sobre elas e selando os «potes».

Em algumas espécies vivíparas, as crias são simplesmente libertadas e abandonadas à nascença.

Contudo, quando recebem cuidados depois de nascerem ou eclodirem, entra em ação uma nova gama de campos comportamentais, ainda subordinados ao campo global da reprodução dos progenitores, mas que servem simultaneamente os campos do desenvolvimento e da sobrevivência das crias.

Consequentemente, o comportamento dos animais adquire uma dimensão social.

Nos casos mais simples, as sociedades são temporárias e desintegram-se quando os descendentes se tornam independentes.

Noutras, persistem, com o consequente aumento da complexidade do comportamento.

Campos comportamentais especializados controlam os diferentes tipos de comunicação entre indivíduos e as tarefas diferenciadas que estes desempenham.

Contudo, o campo global que organiza a sociedade é um campo de nível superior: um **campo social**.

Um campo social é o campo de um grupo social.

Organiza a forma da sociedade e as inter-relações entre os animais individuais que a constituem.

Integra uma hierarquia encaixada de campos (Fig. 10), num nível superior e mais abrangente do que os animais individuais que formam a sociedade.

Nas sociedades extraordinariamente complexas das térmitas, formigas, abelhas sociais e vespas sociais, indivíduos com constituições genéticas semelhantes ou idênticas desempenham tarefas muito diferentes.

Até o mesmo indivíduo pode assumir papéis distintos em momentos diferentes.

Por exemplo, uma jovem abelha-operária pode começar por limpar a colmeia; alguns dias depois, cuidar das larvas; depois, ajudar a construir os favos; em seguida, receber e armazenar pólen; depois, guardar a colmeia; e, finalmente, sair para recolher alimento.²²

Cada um destes papéis deverá encontrar-se abrangido por um campo social, que, por sua vez, controla os campos comportamentais e motores dos insetos individuais.

No interior desses animais, os campos globais do comportamento controlam os credos de nível inferior envolvidos nas tarefas especializadas específicas.

As alterações no sistema nervoso do inseto colocam-no sob a influência de um ou outro destes campos de nível superior, fazendo com que entre em ressonância mórfica com operárias anteriores que desempenharam esse papel específico.

Estas alterações dependem, em certa medida, das modificações fisiológicas que ocorrem à medida que o inseto envelhece, mas são também fortemente influenciadas pela sociedade no seu conjunto.

Os papéis dos indivíduos alteram-se em resposta a perturbações na colmeia ou na sociedade; o sistema global regula-se.

Os campos comportamentais da alimentação, do evitamento, da reprodução, etc., controlam geralmente uma série de campos de nível inferior que atuam em sequência, sendo a forma final de cada um a estrutura germinal do seguinte.

Os campos motores situados ainda mais abaixo na hierarquia atuam frequentemente em ciclos, produzindo movimentos repetitivos, como os das patas durante a marcha, das asas durante o voo e dos maxilares durante a mastigação.

No nível mais baixo encontram-se os campos relacionados com o controlo pormenorizado da contração das células no interior dos músculos.

Os campos comportamentais abrangem os órgãos dos sentidos, o sistema nervoso e os músculos, mas estendem-se também para além da superfície do animal, ligando-o a objetos exteriores existentes no ambiente.

Considere-se, por exemplo, o campo da alimentação.

O processo global — a captura e a ingestão de alimento — constitui, na realidade, um tipo especial de morfogénese agregativa (Secção 1 Cap.4).

O animal faminto é a estrutura germinal que entra em ressonância mórfica com campos anteriores de alimentação.

No caso de um predador, estes campos relacionam-se com a captura e a ingestão de presas.

O campo da captura projeta-se no espaço que rodeia o animal e inclui no seu interior a forma virtual da presa (Fig. 11).

Esta forma virtual é atualizada quando uma entidade correspondente se encontra perto do predador: a presa é reconhecida e o creodo da captura é iniciado.²³

Teoricamente, o campo comportamental poderia afetar acontecimentos probabilísticos em qualquer um ou em todos os sistemas por ele abrangidos, incluindo os músculos, o sistema percetivo e a própria presa.

Contudo, na maioria dos casos, a sua influência relaciona-se principalmente com a modificação de acontecimentos probabilísticos no sistema nervoso central, orientando os movimentos do animal para a concretização da forma final — neste caso, a captura da presa.

7. Os Campos Comportamentais e os Sentidos

Através da ressonância mórfica, um animal fica sob a influência de campos comportamentais específicos em resultado da sua estrutura característica e dos seus padrões internos de atividade rítmica.

Estes padrões são modificados por alterações que surgem no interior do corpo do animal e por influências provenientes do ambiente.

Se diferentes estímulos provocassem as mesmas alterações no interior do animal, entrariam em ação os mesmos campos motores e comportamentais.

É isso que parece acontecer nos organismos unicelulares, que apresentam a mesma reação de evitamento perante uma grande variedade de estímulos físicos e químicos.

Provavelmente, todos produzem efeitos semelhantes sobre o estado físico e químico da célula, por exemplo, modificando a permeabilidade da membrana celular ao cálcio ou a outros iões.

Nos animais multicelulares simples, com uma especialização sensorial relativamente reduzida, a gama de reações aos estímulos não é muito mais ampla do que nos organismos unicelulares.

A *Hydra*, por exemplo, apresenta as mesmas reações de evitamento perante muitos estímulos físicos e químicos diferentes e responde a objetos como partículas alimentares apenas em consequência do contato mecânico.

Contudo, tal como acontece em certos organismos unicelulares, a sua resposta aos objetos sólidos é modificada por estímulos químicos.

Isto pode ser demonstrado através de uma experiência simples.

Se pequenos pedaços de papel de filtro forem colocados nos tentáculos de uma *Hydra* faminta, não provocam qualquer reação; mas, se forem previamente embebidos em suco de carne, os tentáculos transportam-nos em direção à boca, onde são engolidos.²⁴

Em contrapartida, os animais dotados de olhos capazes de formar imagens conseguem detetar objetos ainda a alguma distância.

Consequentemente, os campos comportamentais projetam-se muito mais longe no ambiente, aumentando consideravelmente o alcance e a amplitude do comportamento dos animais.

A deteção destes campos por potenciais presas poderá estar subjacente à sensação de se estar a ser observado.²⁵

O sentido da audição permite detetar objetos distantes e estender o alcance espacial dos campos motores até regiões que não podem ser vistas.

Em alguns animais, sobretudo nos morcegos, este sentido substituiu a visão como fundamento dos campos comportamentais alargados.

Em algumas espécies aquáticas, como os peixes elétricos mormirídeos e gimnotídeos, recetores especializados detetam alterações no campo elétrico que os próprios animais criam à sua volta através de impulsos emitidos pelos seus órgãos elétricos.

Este sentido permite-lhes localizar presas e outros objetos nas águas turvas dos rios tropicais em que vivem.

À medida que os animais se movem, os estímulos sensoriais provenientes tanto do interior do corpo como do ambiente alteram-se em consequência dos seus próprios movimentos.

Esta retroação contínua desempenha um papel essencial na coordenação dos movimentos pelos respetivos campos motores.

Os campos comportamentais e motores, tal como os campos morfogenéticos, são estruturas de probabilidade que ficam associadas, através da ressonância mórfica, a sistemas físicos com base nos seus padrões tridimensionais de oscilação.

É, portanto, de importância fundamental que todos os estímulos sensoriais sejam traduzidos em padrões spatiotemporais de atividade no interior do sistema nervoso.

No sentido do tato, os estímulos atuam sobre partes específicas do corpo, as quais são «cartografadas» no cérebro através de vias nervosas específicas.

Na visão, as imagens que incidem sobre a retina provocam alterações espacialmente organizadas nos nervos óticos e no córtex visual.

Embora os estímulos olfativos, gustativos e auditivos não sejam diretamente espaciais, os nervos que excitam através dos órgãos sensoriais correspondentes ocupam localizações específicas, e os impulsos que percorrem esses nervos até ao sistema nervoso central produzem padrões característicos de excitação.²⁶

Assim, determinados estímulos e combinações de estímulos produzem efeitos espaciotemporais característicos, revelados com um grau de pormenor cada vez maior através de eletroencefalogramas — EEG — e de técnicas de imagiologia cerebral, como a ressonância magnética funcional — RMf.

Estes padrões dinâmicos de atividade colocam o sistema nervoso em ressonância mórfica com sistemas nervosos passados semelhantes em estados semelhantes e, conseqüentemente, sob a influência de campos comportamentais e motores específicos.

8. Regulação e Regeneração

Os campos comportamentais, à semelhança dos campos morfogenéticos, atraem os sistemas sob a sua influência para formas finais características.

Normalmente, fazem-no iniciando uma série de movimentos segundo uma sequência definida.

Os estádios intermédios são estabilizados pela ressonância mórfica; por outras palavras, constituem creodos.

Contudo, os creodos representam apenas os percursos mais prováveis em direção às formas finais.

Se o percurso normal estiver bloqueado ou se o sistema for desviado por qualquer razão, a mesma forma final poderá ser alcançada de outra maneira: o sistema regula-se (Secção 1 Cap.4).

Muitos sistemas morfogenéticos, embora não todos, são capazes de regulação; o mesmo acontece com os sistemas sociais, comportamentais e motores.

A regulação ocorre sob a influência de campos comportamentais e motores em todos os níveis da hierarquia.

Por exemplo, se alguns músculos ou nervos da pata de um cão forem lesionados, o padrão de contração dos restantes músculos ajusta-se de forma que o membro continue a funcionar normalmente.

Se a pata for amputada, os movimentos das restantes patas modificam-se de maneira que o cão continue a conseguir andar, embora coxeando.

Se determinadas regiões do córtex cerebral forem lesionadas, após algum tempo o animal recupera de forma mais ou menos completa.

Se ficar cego, a sua capacidade de se deslocar melhora gradualmente à medida que passa a depender mais dos sentidos restantes.

E, se o percurso habitual em direção à sua casa, ao alimento ou às crias estiver bloqueado, altera a sequência habitual de movimentos até encontrar uma nova forma de alcançar o objetivo.

O equivalente comportamental da regeneração ocorre quando a forma final de um creodo já foi atualizada, mas é posteriormente perturbada.

Pense-se, por exemplo, num gato que capturou um rato, alcançando o ponto final do creodo da captura.

Se o rato escapar das suas garras, os movimentos do gato passam a orientar-se para a recaptura.

Entre todos os exemplos de «regeneração comportamental», a homologia com a regeneração morfogénética torna-se mais evidente no «comportamento morfogénético» relacionado com a construção de ninhos e de outras estruturas.

Em alguns casos, os animais reparam essas estruturas depois de sofrerem danos.

Por exemplo, as vespas-oleiras conseguem preencher orifícios feitos pelo investigador nas paredes dos seus potes, utilizando por vezes ações que normalmente nunca executam durante a construção.²⁷

As térmitas reparam os danos provocados nas galerias e nos ninhos através das atividades cooperativas e coordenadas de muitos insetos individuais.²⁸

Atividades deste tipo têm sido, por vezes, interpretadas como indícios de inteligência, com base no argumento de que animais que agissem segundo padrões instintivos rigidamente fixos não conseguiriam responder com tanta flexibilidade a situações invulgares.²⁹

Contudo, seguindo o mesmo raciocínio, poder-se-ia também dizer que os embriões regulativos de ouriço-do-mar e os platelmintes em regeneração manifestam inteligência.

Esta extensão da terminologia psicológica, porém, produz mais confusão do que esclarecimento.

Do ponto de vista da hipótese da causalidade formativa, as semelhanças podem ser reconhecidas, mas interpretadas no sentido inverso.

Considerada no contexto da regulação e regeneração morfogenéticas, a capacidade dos animais para alcançarem objetivos comportamentais por vias invulgares não exige quaisquer princípios fundamentalmente novos.

E, quando, nos animais superiores, determinados tipos de comportamento deixam de seguir creodos-padrão — quando a regulação comportamental se torna, por assim dizer, a regra em vez da exceção —, esta flexibilidade pode ser entendida como uma extensão das possibilidades inerentes, pela sua própria natureza, aos campos morfogenéticos e motores.

9. Campos Mórficos

Os campos morfogenéticos organizam a morfogénese.

Os campos motores organizam os movimentos; os campos comportamentais organizam o comportamento; e os campos sociais organizam as sociedades.

Estes campos encontram-se ordenados hierarquicamente, no sentido de que os campos sociais incluem e organizam os campos comportamentais dos animais existentes no interior da sociedade.

Os campos comportamentais dos animais organizam os respetivos campos motores; e os campos motores dependem, para a sua atividade, do sistema nervoso e do corpo dos animais, organizados por campos morfogenéticos.

Todos estes são diferentes tipos de **campo mórfico**.

«Campo mórfico» é uma designação genérica que inclui todos os tipos de campos dotados de uma memória inerente, proporcionada pela ressonância mórfica proveniente de sistemas semelhantes anteriores.³⁰

Os campos morfogenéticos, motores, comportamentais e sociais são todos campos mórficos e possuem, em essência, uma natureza habitual.

CAPÍTULO 10

Instinto e Aprendizagem

1. A Influência das Ações Passadas

Os campos comportamentais, tal como os campos morfogenéticos, são proporcionados pela ressonância mórfica proveniente de sistemas semelhantes anteriores.

A estrutura pormenorizada de um animal e os padrões de atividade oscilatória existentes no seu sistema nervoso assemelhar-se-ão, geralmente, mais aos seus próprios estados anteriores do que aos de qualquer outro animal.

Assim, a ressonância mórfica mais específica que atua sobre ele será a proveniente do seu próprio passado (Secção 5 Cap.6).

A ressonância imediatamente menos específica provirá de animais geneticamente semelhantes que viveram no mesmo ambiente; e a menos específica, de animais de outras raças que viveram em ambientes diferentes.

No modelo do vale de um creodo (Fig. 5), esta última estabilizará o contorno geral do vale, enquanto a ressonância mais específica determinará a topologia pormenorizada do fundo do vale.

Os «contornos» do vale creódico dependem do grau de semelhança entre o comportamento de animais semelhantes pertencentes à mesma raça ou espécie.

Se os seus padrões de movimento apresentarem pouca variação, a ressonância mórfica dará origem a creodos profundos e estreitos, representados por vales de vertentes íngremes (Fig. 28A).

Estes exercerão um forte efeito de canalização sobre o comportamento dos indivíduos subsequentes, que tenderão, por conseguinte, a comportar-se de maneiras muito semelhantes.

Os padrões estereotipados de movimento produzidos por esses creodos manifestam-se, nos níveis inferiores, como reflexos e, nos níveis superiores, como instintos.

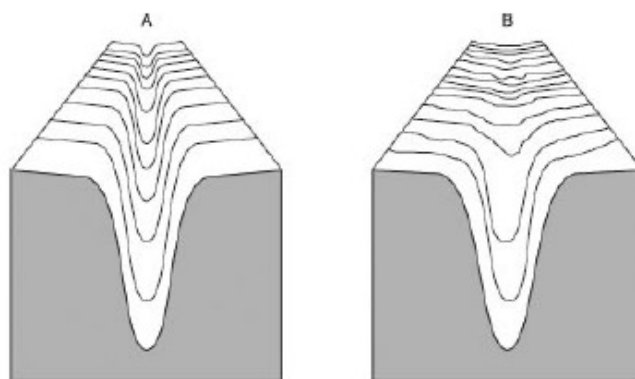


Figura 28 — Representação diagramática de um creodo profundamente canalizado (A) e de um creodo fracamente canalizado nos estádios iniciais (B).

Por outro lado, se animais semelhantes alcançarem as formas finais dos respectivos campos comportamentais através de diferentes padrões de movimento, os creodos não ficarão tão bem definidos (Fig. 28B).

Existirá, portanto, uma margem maior para diferenças individuais de comportamento.

Contudo, depois de determinado animal alcançar o objetivo comportamental à sua própria maneira, o seu comportamento subsequente tenderá a ser canalizado do mesmo modo pela ressonância mórfica proveniente dos seus próprios estados passados.

E, quanto mais vezes essas ações forem repetidas, mais forte se tornará essa canalização.

Esses creodos individuais característicos manifestam-se como hábitos.

Assim, do ponto de vista da hipótese da causalidade formativa, existe apenas uma diferença de grau entre os instintos e os hábitos.

Ambos dependem da ressonância mórfica: os primeiros, proveniente de inúmeros indivíduos anteriores da mesma espécie; os segundos, sobretudo dos estados passados do próprio indivíduo.

Os reflexos e os instintos dependem, antes de mais, da morfogénese extremamente específica do sistema nervoso, que, por sua vez, depende da ressonância mórfica.

Durante a aprendizagem, podem ocorrer alterações físicas ou químicas no sistema nervoso que facilitem a repetição de determinado padrão de movimento.

Talvez, em sistemas nervosos simples que desempenham funções estereotipadas, o potencial para essas alterações já se encontre «incorporado» na respetiva «cablagem», de modo que a aprendizagem ocorra de maneira quase mecanicista.

Por exemplo, no caracol-marinho *Aplysia*, a estrutura do sistema nervoso é quase idêntica nos diferentes indivíduos, até aos pormenores da disposição das sinapses excitatórias e inibitórias em células específicas.

Ocorrem formas muito simples de aprendizagem relacionadas com o reflexo de retração da brânquia para o interior da cavidade do manto, nomeadamente a habituação a estímulos inofensivos e a sensibilização a estímulos prejudiciais.

À medida que os caracóis aprendem, a atividade de determinadas sinapses excitatórias e inibitórias que atuam sobre células nervosas individuais modifica-se de maneiras específicas.¹

Alterações deste tipo nas células nervosas são chamadas **potenciação de longa duração**.²

Naturalmente, a simples descrição destes processos não revela, por si só, as razões das alterações, que permanecem atualmente no domínio da conjectura.

Mas como se estabelece, em primeiro lugar, esta especialização pormenorizada da estrutura e da função nos nervos e nas sinapses?

O problema é simplesmente remetido para o domínio da morfogénese.

Os sistemas nervosos dos animais superiores variam muito mais entre indivíduos do que os dos invertebrados, como a *Aplysia*, e são incomparavelmente mais complexos.

Sabe-se muito pouco acerca da maneira como os padrões comportamentais aprendidos são conservados³, mas descobriu-se o suficiente para tornar claro que não pode existir uma explicação simples baseada em «vestígios» físicos ou químicos especificamente localizados no tecido nervoso.

Numerosas investigações demonstraram que, nos mamíferos, os hábitos aprendidos persistem frequentemente após lesões extensas no córtex cerebral ou em regiões subcorticais do cérebro.

Além disso, quando ocorre perda de memória, esta não se relaciona estreitamente com a localização das lesões, mas antes com a quantidade total de tecido destruído.

Karl Lashley resumiu da seguinte maneira os resultados de centenas de experiências:

Não é possível demonstrar a localização isolada de um vestígio de memória em qualquer região do sistema nervoso. Determinadas regiões limitadas podem ser essenciais para a aprendizagem ou conservação de uma atividade específica, mas, no interior dessas regiões, as diferentes partes são funcionalmente equivalentes.⁴

Um fenómeno semelhante foi demonstrado num invertebrado, o polvo.

As observações acerca da sobrevivência dos hábitos aprendidos após a destruição de várias regiões do lobo vertical do cérebro conduziram à conclusão aparentemente paradoxal de que «a memória está simultaneamente em toda a parte e em nenhum lugar específico».⁵

Estas descobertas são extremamente desconcertantes do ponto de vista mecanicista.

Numa tentativa de as explicar, o neurocientista Karl Pribram sugeriu que os «vestígios» da memória se encontram, de algum modo, distribuídos pelo cérebro de maneira análoga ao armazenamento de informação sob a forma de padrões de interferência num holograma.⁶

Contudo, esta possibilidade não passa de uma especulação vaga.

A hipótese da causalidade formativa proporciona uma interpretação alternativa, à luz da qual a persistência dos hábitos aprendidos apesar das lesões cerebrais se torna muito menos desconcertante.

Os hábitos dependem de campos comportamentais que não se encontram armazenados no cérebro, mas são proporcionados diretamente pelos seus estados passados através da ressonância mórfica.

Algumas das implicações da hipótese da causalidade formativa relativamente ao instinto e à aprendizagem serão examinadas nas secções seguintes, e os testes experimentais serão discutidos no Capítulo 11.

2. Instinto

Em todos os animais, alguns padrões de atividade motora são inatos, em vez de aprendidos.

Os mais fundamentais são os dos órgãos internos, como o coração e o intestino, mas muitos padrões de movimento dos membros, das asas e de outras estruturas motoras são também inatos.

Isto torna-se particularmente evidente quando os animais conseguem deslocar-se competentemente quase imediatamente depois de nascerem ou eclodirem.

Nem sempre é fácil estabelecer uma distinção entre comportamento inato e comportamento aprendido.

Em geral, o comportamento característico que se desenvolve em animais jovens criados em isolamento pode ser considerado inato.

Contudo, o comportamento que surge apenas quando entram em contato com outros membros da sua espécie poderá também ser inato, embora necessite de estímulos provenientes dos outros animais para se manifestar.

Os estudos do comportamento instintivo numa grande diversidade de animais conduziram a várias conclusões gerais, que constituem os conceitos clássicos da etologia.⁷

Podem ser resumidas da seguinte forma:

(i) Os instintos encontram-se organizados numa hierarquia de «sistemas» ou «centros» sobrepostos.

Cada nível é ativado principalmente por um sistema situado no nível imediatamente superior.

O centro mais elevado de cada um dos principais instintos poderá ser influenciado por diversos fatores, incluindo hormonas, estímulos sensoriais provenientes das vísceras do animal e estímulos ambientais.

(ii) O comportamento que ocorre sob a influência dos principais instintos consiste frequentemente em cadeias de padrões comportamentais mais ou menos estereotipados, designados **padrões fixos de ação**.

Quando determinado padrão fixo de ação constitui o ponto terminal de uma cadeia principal ou secundária de comportamento instintivo, é chamado **ato consumatório**.

O comportamento que ocorre nas fases iniciais de uma cadeia instintiva — por exemplo, a procura de alimento — poderá ser mais flexível e é geralmente denominado **comportamento apetitivo**.

(iii) Cada sistema necessita de um estímulo específico para ser ativado ou desencadeado.

Esse estímulo, ou desencadeador, poderá provir do interior do corpo do animal ou do ambiente.

Neste último caso, é frequentemente designado **estímulo-sinal**.

Pressupõe-se que determinado desencadeador ou estímulo-sinal atue sobre um mecanismo neurossensorial específico, chamado **mecanismo desencadeador inato**, que desencadeia a reação.

Estes conceitos harmonizam-se de forma notável com as ideias de campos comportamentais e motores desenvolvidas no capítulo anterior.

Os padrões fixos de ação podem ser compreendidos em termos de creodos, e os mecanismos desencadeadores inatos como estruturas germinais dos campos motores correspondentes.

3. Estímulos-Sinal

As respostas instintivas dos animais aos estímulos-sinal mostram que estes abstraem, de algum modo, determinadas características específicas e repetíveis do ambiente:

Um animal responde «cegamente» apenas a uma parte da situação ambiental total e ignora as restantes, embora os seus órgãos dos sentidos sejam perfeitamente capazes de as receber...

Estes estímulos eficazes podem ser facilmente identificados testando a resposta a várias situações que diferem quanto a um ou outro dos estímulos possíveis.

Além disso, mesmo quando determinado órgão sensorial participa no desencadeamento de uma reação, apenas uma parte dos estímulos que consegue receber se revela efetivamente eficaz.

Regra geral, uma reação instintiva responde apenas a um número muito reduzido de estímulos, e a maior parte do ambiente exerce pouca ou nenhuma influência, embora o animal possa possuir o equipamento sensorial necessário para receber numerosos pormenores. — Niko Tinbergen⁸

Os exemplos seguintes ilustram estes princípios⁹:

Durante a época reprodutiva, a reação agressiva dos machos de esgana-gata perante outros machos da mesma espécie é desencadeada principalmente pelo estímulo-sinal do ventre vermelho.

Modelos de forma muito rudimentar, mas dotados de ventre vermelho, são atacados com muito maior frequência do que modelos com a forma correta, mas sem coloração vermelha.

Obtiveram-se resultados semelhantes em experiências com o pisco-de-peito-ruivo.

Um macho que defende o seu território ameaça modelos muito aproximados com peito vermelho — ou até um simples feixe de penas vermelhas —, mas reage muito menos a modelos rigorosos sem peito vermelho.

Os patinhos e os gansinhos reagem instintivamente à aproximação de aves de rapina de uma maneira que depende da forma da ave em voo.

Os estudos realizados com modelos de cartão mostraram que a característica mais importante é o pescoço curto — típico dos falcões e de outras aves predadoras —, enquanto as dimensões e a forma das asas e da cauda possuem uma importância relativamente reduzida.

Em determinadas traças, o odor sexual, ou feromona, normalmente produzido pelas fêmeas leva os machos a tentar copular com qualquer objeto que o apresente.

Nos gafanhotos — mais especificamente, nos grilos-do-mato — da espécie *Ephippiger ephippiger*, os machos atraem, através do canto, as fêmeas disponíveis para acasalar.

As fêmeas são atraídas por machos cantores a partir de distâncias consideráveis, mas ignoram machos silenciosos mesmo quando estes se encontram muito perto.

Os machos silenciados através da colagem das asas são incapazes de atrair as fêmeas.

As galinhas acorrem em auxílio dos pintos em resposta aos seus chamamentos de aflição, mas não o fazem quando apenas os veem

em perigo — por exemplo, atrás de uma barreira de vidro à prova de som.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, o reconhecimento destes estímulos-sinal depende da ressonância mórfica proveniente de animais semelhantes anteriores expostos a estímulos semelhantes.

Devido ao processo de média automática, esta ressonância salientará apenas as características comuns dos padrões espaciotemporais de atividade produzidos por esses estímulos no sistema nervoso.

O resultado será que apenas certos estímulos específicos são abstraídos do ambiente, enquanto outros são ignorados.

Considere-se, por exemplo, os estímulos que atuam sobre galinhas cujos pintos se encontram em perigo.

Imagine-se uma coleção de fotografias de pintos em aflição, tiradas em muitas ocasiões diferentes.

As fotografias noturnas nada mostrarão.

As tiradas durante o dia mostrarão pintos de diferentes tamanhos e formas, vistos de frente, por trás, de lado ou de cima.

Além disso, os pintos poderão encontrar-se perto de outros objetos de todas as formas e dimensões, ou até ocultos por eles.

Se todas estas fotografias forem sobrepostas para produzir uma imagem composta, nenhuma característica específica será reforçada; o resultado será apenas uma mancha indistinta.

Em contrapartida, imagine-se uma série de gravações sonoras realizadas nos mesmos momentos em que as fotografias foram tiradas.

Todas contêm os chamamentos de aflição e, se esses sons forem sobrepostos, reforçam-se mutuamente, produzindo um chamamento de aflição automaticamente promediado.

Esta sobreposição de fotografias e gravações é análoga aos efeitos da ressonância mórfica exercida pelos sistemas nervosos de galinhas anteriores sobre uma galinha subsequente exposta aos estímulos provenientes de um pinto em perigo.

Os estímulos visuais não produzem qualquer ressonância específica nem desencadeiam uma reação instintiva, por mais comovente que o pinto possa parecer a um observador humano; os estímulos auditivos, porém, produzem-na.

Este exemplo ilustra aquilo que parece constituir um princípio geral: as formas são frequentemente ineficazes como estímulos-sinal.

A razão provável é serem altamente variáveis, pois dependem do ângulo a partir do qual os objetos são observados.

Em contrapartida, as cores dependem muito menos criticamente do ponto de vista, e os sons e odores quase não dependem dele.

É significativo que as cores, os sons e os odores desempenhem papéis importantes como desencadeadores de reações instintivas.

Nos casos em que as formas são eficazes, existe certa constância do ponto de vista.

Por exemplo, as aves jovens não só veem os predadores que voam sobre elas em silhueta e respondem, de facto, a essas formas.

E, quando determinadas formas ou padrões atuam como estímulos-sinal sexuais, fazem-no durante exibições de corte ou «apresentações», nas quais os animais assumem posições ou posturas definidas relativamente aos potenciais parceiros.

O mesmo acontece nas exibições de submissão e agressividade.

4. Aprendizagem

Pode dizer-se que ocorre aprendizagem sempre que se verifica uma alteração adaptativa relativamente permanente do comportamento em resultado da experiência passada.

Podem distinguir-se quatro categorias gerais¹⁰:

(i) Habituação

O tipo mais universal, encontrado até em organismos unicelulares¹¹, é a **habituação**, que pode ser definida como o enfraquecimento de uma resposta em resultado da estimulação repetida não seguida por qualquer tipo de reforço.

Um exemplo comum é o desaparecimento gradual das reações de alarme ou evitamento perante estímulos novos que se revelam inofensivos: os animais habituam-se a eles.

Este fenómeno implica a existência de algum tipo de memória que permita reconhecer os estímulos quando estes voltam a ocorrer.

Segundo a hipótese da causalidade formativa, esse reconhecimento deve-se principalmente à ressonância mórfica do organismo com os seus próprios estados passados, incluindo os produzidos por novos estímulos sensoriais.

Esta ressonância serve para manter — e, na realidade, definir — a identidade do organismo consigo próprio no passado (Secção 5 Cap.6).

Os estímulos ambientais repetidos aos quais as respostas não são reforçadas tornar-se-ão efetivamente parte do próprio «fundo» do organismo.

Inversamente, quaisquer características novas do ambiente destacar-se-ão por não serem assim reconhecidas.

Normalmente, o animal responderá através de evitamento ou alarme precisamente porque os estímulos não lhe são familiares.

No caso de determinadas respostas estereotipadas, como o reflexo de retração da brânquia do caracol-marinho *Aplysia*, a habituação poderá ocorrer de maneira quase mecanicista, com base em especializações estruturais e bioquímicas preexistentes no sistema nervoso (Secção 1 deste Capítulo).

Mas, nesse caso, esta especialização é secundária e terá provavelmente evoluído a partir de uma situação em que a habituação dependia mais diretamente da ressonância mórfica.

(ii) Aperfeiçoamento de Padrões Motores Inatos

Em todos os animais, os padrões inatos de atividade motora manifestam-se à medida que os indivíduos crescem.

Embora alguns sejam executados perfeitamente logo na primeira vez, outros melhoram com o tempo.

As primeiras tentativas de voo de uma ave jovem, por exemplo, ou as primeiras tentativas de marcha de um mamífero jovem poderão ser apenas parcialmente bem-sucedidas, mas melhoram depois de repetidas.

Nem todo este aperfeiçoamento se deve à prática.

Em alguns casos, trata-se simplesmente de maturação e ocorre igualmente com a passagem do tempo em animais que foram imobilizados.¹²

Ainda assim, muitos tipos de capacidade motora melhoram de uma maneira que não pode ser atribuída à maturação.

Do ponto de vista da hipótese da causalidade formativa, este tipo de aprendizagem pode ser interpretado em termos de regulação comportamental.

A ressonância mórfica proveniente de inúmeros membros passados da espécie proporciona um creodo automaticamente promediado, que orienta as primeiras tentativas do animal para executar determinado padrão inato de movimento.

Este creodo-padrão poderá produzir apenas resultados aproximadamente satisfatórios, por exemplo, devido a desvios relativamente à norma nos órgãos dos sentidos, no sistema nervoso ou nas estruturas motoras do animal.

À medida que os movimentos são executados, a regulação produzirá espontaneamente ajustamentos finos no creodo global e nos creodos de nível inferior por ele controlados.

Esses creodos ajustados serão estabilizados pela ressonância mórfica com os estados passados do próprio animal, à medida que o padrão comportamental for repetido.

(iii) Aprendizagem Associativa e Reflexos Condicionados

Os animais podem passar a responder a determinado estímulo através de uma reação normalmente desencadeada por um estímulo diferente.

Este tipo de aprendizagem ocorre quando o novo estímulo é aplicado simultaneamente ou imediatamente antes do estímulo original.

Os exemplos clássicos são os reflexos condicionados estabelecidos por I. P. Pavlov em cães.

Os cães salivavam quando lhes era apresentado alimento.

Em ocasiões repetidas, fazia-se soar uma campainha ao mesmo tempo que o alimento era apresentado e, algum tempo depois, os cães começaram a salivar ao som da campainha, mesmo na ausência de alimento.

Um exemplo extremo deste tipo de aprendizagem ocorre durante a **imprinting** — ou estampagem — das aves jovens, especialmente patinhos e gansinhos.

Pouco depois da eclosão, respondem instintivamente a qualquer objeto grande em movimento, seguindo-o.

Normalmente, esse objeto é a mãe; contudo, seguem também mães adotivas, seres humanos ou até objetos inanimados arrastados diante deles.

Após um período relativamente curto, passam a reconhecer as características gerais do objeto em movimento e, posteriormente, as suas características específicas.

A partir desse momento, apenas a ave, a pessoa ou o objeto particular sobre o qual se fixou a estampagem desencadeia o comportamento de seguimento.

De modo análogo, os animais aprendem frequentemente a reconhecer as características individuais dos parceiros ou das crias através da visão, do som, do cheiro ou do tato.

Este reconhecimento demora algum tempo a desenvolver-se.

Por exemplo, um casal de galeirões com crias recém-eclodidas alimentará e até adotará crias estranhas semelhantes às suas.

Contudo, quando as próprias crias atingem cerca de duas semanas, os progenitores passam a reconhecê-las individualmente e deixam de tolerar estranhas, por mais semelhantes que sejam.¹³

Um processo comparável é provavelmente responsável pelo reconhecimento de lugares específicos, como os locais dos ninhos, através de pontos de referência e de outras características a eles associadas.

Na realidade, este tipo de aprendizagem desempenhará provavelmente um papel importante no desenvolvimento do reconhecimento visual em geral.

Uma vez que os estímulos provenientes de determinado objeto diferem conforme o ângulo a partir do qual este é observado, o animal terá de aprender que todos eles se relacionam com a mesma coisa.

Do mesmo modo, as associações entre diferentes tipos de estímulo sensorial provenientes do mesmo objeto — visuais, auditivos, olfativos, gustativos e táteis — terão geralmente de ser aprendidas.

Quando o novo estímulo e o estímulo original ocorrem simultaneamente, poderá parecer, à primeira vista, que os diferentes padrões de alteração física e química que produzem no cérebro ficam gradualmente ligados em resultado da repetição frequente.

Contudo, existem duas dificuldades que impedem esta interpretação aparentemente simples.

Em primeiro lugar, o novo estímulo poderá não ocorrer simultaneamente com o estímulo habitual, mas precedê-lo.

Nesse caso, parece necessário pressupor que a influência do estímulo persiste durante algum tempo, para que ainda esteja presente quando o estímulo habitual ocorrer.

Este tipo de memória pode ser concebido por analogia com um eco que se extingue gradualmente.

A existência da memória de curta duração encontra-se bem estabelecida.¹⁴

Poderá ser explicável em termos de circuitos reverberantes de atividade nervosa no interior do cérebro.¹⁵

A aprendizagem associativa parece envolver descontinuidades definidas: ocorre por passos ou estádios.

Isto poderá dever-se ao facto de a ligação entre o estímulo novo e o original envolver o estabelecimento de um novo campo motor.

O campo responsável pela resposta original terá, de algum modo, de se ampliar para incorporar o novo estímulo.

Na realidade, ocorre uma síntese através da qual surge uma nova unidade motora.

E uma unidade nova não pode emergir gradualmente, mas apenas através de um salto súbito — ou de vários saltos sucessivos.

(iv) Condicionamento Operante e Aprendizagem por Insight

Além de aprenderem a responder a determinado estímulo depois de o receberem, os animais podem também aprender a comportar-se de modo a alcançar um objetivo em resultado das próprias atividades.

Na terminologia da escola behaviorista, isto chama-se **condicionamento operante**.

A resposta «emitida» pelo animal precede o estímulo reforçador.

Os ratos colocados em «caixas de Skinner» proporcionam os exemplos clássicos.

Estas caixas contêm uma alavanca que, quando pressionada, liberta uma porção de alimento.

Depois de várias tentativas, os ratos aprendem a associar a pressão sobre a alavanca à recompensa.

De forma semelhante, podem aprender a pressionar uma alavanca para evitar o estímulo doloroso de um choque elétrico.

A associação entre determinado padrão de movimento e uma recompensa, ou o evitamento de uma punição, parece geralmente ocorrer através de tentativa e erro.

Contudo, foi demonstrada nos primatas — especialmente nos chimpanzés — uma inteligência de ordem muito superior.

No início do século XX, Wolfgang Köhler verificou que estes símios conseguiam resolver problemas através de **insight** — isto é, mediante uma compreensão súbita da relação entre os diferentes elementos da situação.¹⁶

Por exemplo, colocaram-se chimpanzés numa câmara alta, com paredes impossíveis de trepar.

Do teto pendia um cacho de bananas maduras, demasiado alto para ser alcançado.

Depois de várias tentativas de obter o fruto, erguendo-se sobre as patas traseiras e saltando, os chimpanzés desistiram desses métodos.

Algun tempo depois, um dos símios olhou primeiro para uma das várias caixas de madeira colocadas na câmara no início da experiência e depois para as bananas.

Arrastou a caixa para baixo delas e subiu para cima.

Como a caixa não lhe permitia alcançar altura suficiente, foi buscar outra e colocou-a sobre a primeira; contudo, continuava a não chegar.

Acrescentou então uma terceira caixa, subiu e apanhou o fruto.

Investigações posteriores demonstraram muitos outros exemplos de comportamento baseado em insight.

Numa experiência, por exemplo, os chimpanzés aprenderam a utilizar varas para puxar alimento colocado fora das jaulas, para além do alcance das mãos.

Aprenderam mais rapidamente quando lhes fora permitido brincar com as varas durante vários dias antes da experiência.

Durante esse período, começaram a utilizá-las como extensões funcionais dos braços.

Assim, a utilização das varas para puxar o alimento representava «a integração de componentes motores adquiridos durante experiências anteriores em padrões comportamentais novos e apropriados».¹⁷

Tanto na aprendizagem por tentativa e erro como na aprendizagem por insight, os creodos já existentes são integrados em novos campos motores de nível superior.

Estas sínteses só podem ocorrer através de «saltos» súbitos.

Caso os novos padrões de comportamento sejam bem-sucedidos, tenderão a ser repetidos.

Por conseguinte, os novos campos motores serão estabilizados pela ressonância mórfica à medida que o comportamento aprendido se transforma num hábito.

5. Tendências Inatas para Aprender

A originalidade da aprendizagem poderá ser absoluta: um novo campo motor poderá surgir não apenas pela primeira vez na história de determinado indivíduo, mas pela primeira vez na história de todos os indivíduos.

Por outro lado, um animal poderá aprender algo que outros membros da sua espécie já tenham aprendido no passado.

Nesse caso, o aparecimento do campo motor apropriado será facilitado pela ressonância mórfica proveniente de animais semelhantes anteriores.

Se determinado campo motor se tornar progressivamente mais bem estabelecido através da repetição em muitos indivíduos, a aprendizagem tornar-se-á cada vez mais fácil.

Existirá uma forte predisposição inata para adquirir esse padrão específico de comportamento.

Assim, o comportamento aprendido repetido com grande frequência tenderá a tornar-se semi-instintivo.

Através de um processo inverso, o comportamento instintivo poderá tornar-se parcialmente aprendido.

Os cantos das aves ilustram com particular clareza as gradações entre comportamento instintivo e comportamento aprendido.¹⁸

Em algumas espécies, como o pombo-torcaz e o cuco, o padrão do canto varia muito pouco entre indivíduos e é quase inteiramente inato.

Noutras, como o tentilhão, o canto possui uma estrutura geral característica da espécie, mas os seus pormenores diferem entre indivíduos.

Estas diferenças podem ser reconhecidas por outras aves e desempenham um papel importante na vida familiar e social.

Os tentilhões criados em isolamento produzem versões simplificadas e relativamente desprovidas de características distintivas do canto da espécie, mostrando que a sua estrutura geral é inata.

Contudo, em condições normais, desenvolvem e aperfeiçoam o canto através da imitação de outros tentilhões.

Este processo é levado muito mais longe, por exemplo, nos pássaros-moqueadores, que incorporam elementos dos cantos de outras espécies.

E algumas aves, especialmente os papagaios e os mainás, quando mantidas em cativeiro, imitam frequentemente os seus progenitores adotivos humanos.

Nas espécies cujos cantos são quase inteiramente inatos, a ausência de variação individual constitui simultaneamente um efeito e uma causa dos creodos motores bem definidos e fortemente estabilizados (Fig. 28A).

Quanto maior for o número de vezes que o mesmo padrão de movimento é repetido, maior será a sua tendência para voltar a repetir-se no futuro.

Contudo, nas espécies que apresentam diferenças individuais no canto, a ressonância mórfica produzirá creodos menos definidos (Fig. 28B).

A estrutura geral do creodo será proporcionada pelo processo de média automática, mas os pormenores dependerão do indivíduo, das suas experiências e dos seus hábitos, recordados através da ressonância mórfica consigo próprio no passado.

CAPÍTULO 11

A Hereditariedade e a Evolução do Comportamento

1. A Hereditariedade do Comportamento

Segundo a hipótese da causalidade formativa, a hereditariedade do comportamento depende da hereditariedade genética e epigenética; dos campos morfogenéticos que controlam o desenvolvimento do sistema nervoso e do animal no seu conjunto; e dos campos comportamentais e motores proporcionados pela ressonância mórfica proveniente de animais semelhantes anteriores.

Em contrapartida, segundo a teoria convencional, pressupõe-se que o comportamento inato esteja «programado» no ADN.

Foram realizadas relativamente poucas investigações experimentais sobre a hereditariedade do comportamento, em grande medida porque é difícil quantificá-lo.

Ainda assim, fizeram-se várias tentativas. Em experiências com ratos e ratinhos, por exemplo, o comportamento foi medido através:

- da velocidade de corrida em passadeiras;
- da frequência e duração da atividade sexual;
- dos índices de defecação, definidos como o número de bolos fecais depositados numa determinada área por unidade de tempo;
- da capacidade de aprendizagem em labirintos;
- e da suscetibilidade a convulsões audiogénicas provocadas por ruídos muito intensos.

Foi demonstrada a existência de uma componente hereditária nestas respostas através da reprodução seletiva de animais com pontuações elevadas ou baixas: os descendentes tendem a apresentar resultados semelhantes aos dos progenitores.¹

O problema das investigações deste tipo é revelarem muito pouco acerca da hereditariedade dos padrões comportamentais.

Além disso, os resultados são difíceis de interpretar porque podem ser influenciados por muitos fatores diferentes.

Por exemplo, uma menor velocidade na passadeira ou uma frequência reduzida de acasalamento poderiam resultar simplesmente de uma redução geral do vigor, provocada por uma deficiência metabólica hereditária.

Em alguns casos, as causas das alterações genéticas do comportamento foram investigadas com considerável pormenor.

No pequeno verme nemátode *Caenorhabditis*, determinados mutantes que se contorcem de forma anormal apresentam alterações estruturais no sistema nervoso.²

Na *Drosophila*, verificou-se que várias «mutações comportamentais» que eliminam a resposta normal à luz afetam os fotorrecetores ou os neurónios visuais periféricos.³

Nos ratinhos, conhecem-se várias mutações comportamentais que afetam a morfogénese do sistema nervoso, provocando deficiências em regiões inteiras do cérebro.

Nos seres humanos, diversas anomalias congénitas do sistema nervoso encontram-se associadas a comportamentos anormais, como acontece, por exemplo, na síndrome de Down.

O comportamento pode também ser afetado por deficiências fisiológicas e bioquímicas hereditárias. Nos seres humanos, por exemplo, a fenilcetonúria, associada a deficiência intelectual, deve-se à falta da enzima fenilalanina-hidroxilase.

O facto de o comportamento inato ser afetado por alterações geneticamente determinadas na estrutura e no funcionamento dos órgãos dos sentidos, do sistema nervoso, etc., não demonstra,

evidentemente, que a sua hereditariedade possa ser explicada apenas por fatores genéticos.

Mostra somente que um corpo normal é necessário para um comportamento normal.

Pense-se novamente na analogia do aparelho de rádio: as alterações no interior do aparelho afetam o seu funcionamento, mas isso não demonstra que a música emitida pelos altifalantes tenha origem no próprio aparelho.

No domínio do comportamento, alterações bioquímicas, fisiológicas e anatómicas podem impedir o aparecimento de estruturas germinais e, conseqüentemente, campos motores inteiros podem deixar de atuar; ou podem produzir vários efeitos quantitativos sobre os movimentos controlados por esses campos.

Na realidade, as investigações sobre a hereditariedade dos padrões fixos de ação mostram que «não é difícil encontrar variações que afetam ligeiramente a execução, mas a unidade continua a manifestar-se de forma claramente reconhecível — caso chegue a manifestar-se».⁴

A hereditariedade dos campos comportamentais e motores depende provavelmente dos fatores já discutidos relativamente à hereditariedade dos campos morfogenéticos (Capítulo 7).

Em termos gerais, nos híbridos entre duas raças ou espécies, a dominância dos campos comportamentais de uma sobre os da outra dependerá provavelmente da intensidade relativa da ressonância mórfica proveniente dos tipos parentais (Fig. 19).

Se um dos progenitores pertencer a uma raça ou espécie bem estabelecida e o outro a uma relativamente recente, com uma reduzida população passada, os campos comportamentais do primeiro serão dominantes.

Contudo, se as raças ou espécies parentais estiverem igualmente bem estabelecidas, os híbridos ficarão sob a influência de ambas em graus semelhantes.

É isso que parece acontecer.

Em alguns casos, os resultados são bizarros porque os padrões comportamentais dos tipos parentais são incompatíveis entre si.

Um exemplo é proporcionado pelos híbridos resultantes do cruzamento de duas espécies de inseparáveis.

Ambas constroem os ninhos com tiras que arrancam das folhas de maneira semelhante. Contudo, uma delas — o inseparável-de-Fischer — transporta depois as tiras para o ninho no bico, enquanto a outra — o inseparável-de-face-rosada — as transporta presas entre as penas.

Os híbridos arrancam normalmente as tiras das folhas, mas comportam-se depois de forma extremamente confusa: por vezes, tentam prendê-las entre as penas; outras vezes, transportam-nas no bico.

No entanto, mesmo quando as levam no bico, erigam as penas da região inferior do dorso e da garupa e tentam introduzi-las entre elas.⁵

2. Ressonância Mórfica e Comportamento: Um Teste Experimental

Na biologia mecanicista, estabelece-se uma distinção nítida entre o comportamento inato e o aprendido.

Pressupõe-se que o primeiro esteja «geneticamente programado» ou «codificado» no ADN, enquanto o segundo resultaria de alterações físicas e químicas no sistema nervoso.

Não existe qualquer forma concebível de essas alterações modificarem especificamente o ADN, como exigiria a teoria lamarckista.

Por conseguinte, considera-se impossível que o comportamento aprendido adquirido por um animal seja herdado pelos descendentes — excluindo, naturalmente, a «hereditariedade cultural», através da qual estes aprendem determinados padrões comportamentais com os progenitores ou com outros adultos.

Em contrapartida, segundo a hipótese da causalidade formativa, não existe uma diferença de natureza entre o comportamento inato e o aprendido: ambos dependem de campos motores proporcionados pela ressonância mórfica (Secção 1 Cap.10).

Esta hipótese admite, portanto, a possibilidade de transmissão de comportamentos aprendidos de um animal para outro e conduz a previsões verificáveis que diferem não apenas das produzidas pela teoria ortodoxa da hereditariedade, mas também das da teoria lamarckista.

Considere-se a seguinte experiência.

Animais pertencentes a uma linhagem endogâmica são colocados em condições nas quais aprendem a responder de maneira característica a determinado estímulo.

São depois levados a repetir muitas vezes esse padrão comportamental.

Segundo a hipótese, o novo campo comportamental será reforçado pela ressonância mórfica.

Isto não só fará com que o comportamento dos animais treinados se torne progressivamente mais habitual, como afetará também, embora de maneira menos específica, qualquer animal semelhante exposto a um estímulo semelhante.

Quanto maior for o número de animais que, no passado, aprenderam a executar a tarefa, mais fácil deverá ser para animais semelhantes posteriores aprendê-la.

Numa experiência deste tipo, deverá ser possível observar um aumento progressivo da velocidade de aprendizagem não apenas nos animais descendentes de antepassados treinados, mas também em animais geneticamente semelhantes descendentes de antepassados não treinados.

Esta previsão difere da teoria lamarckista, segundo a qual apenas os descendentes dos animais treinados deveriam aprender mais depressa.

Segundo a teoria convencional, não deveria ocorrer qualquer aumento da velocidade de aprendizagem, quer nos descendentes de animais treinados, quer nos de animais não treinados.

Em síntese:

- aumento da velocidade de aprendizagem nas linhagens treinada e não treinada → hipótese da causalidade formativa
- aumento apenas na linhagem treinada → teoria lamarckista

- nenhum aumento em qualquer das linhagens → teoria ortodoxa

Testes deste tipo já foram efetivamente realizados.

Os resultados apoiam a hipótese da causalidade formativa.

William McDougall iniciou a experiência original em Harvard, em 1920, com o objetivo de testar rigorosamente a possibilidade da hereditariedade lamarckista.

Os animais experimentais eram ratos brancos da linhagem Wistar, cuidadosamente submetidos a reprodução endogâmica em condições laboratoriais durante muitas gerações.

A tarefa consistia em aprenderem a escapar de um tanque de água especialmente construído, nadando até uma de duas rampas que permitiam sair da água.

A rampa «errada» encontrava-se intensamente iluminada, enquanto a «correta» não estava.

Quando o rato saía pela rampa iluminada, recebia um choque elétrico.

As duas rampas eram iluminadas alternadamente: numa ocasião, uma delas; na ocasião seguinte, a outra.

O número de erros cometidos por um rato antes de aprender a sair do tanque através da rampa não iluminada proporcionava uma medida da sua velocidade de aprendizagem:

Alguns ratos necessitaram de até 330 imersões, envolvendo aproximadamente metade desse número de choques, antes de aprenderem a evitar a rampa iluminada.

Em todos os casos, o processo de aprendizagem atingia subitamente um ponto crítico. Durante muito tempo, o animal revelava uma clara aversão à rampa iluminada, hesitando frequentemente diante dela, recuando ou avançando numa corrida desesperada; contudo, não tendo apreendido a relação simples e constante entre a luz intensa e o choque, continuava a escolher a saída iluminada tantas vezes, ou quase tantas, como a outra.

Finalmente, chegava um momento do treino em que, caso se encontrasse diante da luz intensa, o animal se voltava de maneira clara e decidida, procurava a outra passagem e saía tranquilamente pela rampa pouco iluminada.

Depois de atingir este ponto, nenhum animal voltava a cometer o erro de escolher a rampa iluminada, salvo em ocasiões muito raras.⁶

Em cada geração, os ratos destinados a produzir a geração seguinte eram escolhidos aleatoriamente antes de a sua velocidade

de aprendizagem ser medida, embora o acasalamento só ocorresse depois de terem sido testados.

Este procedimento foi adotado para evitar qualquer possibilidade de seleção consciente ou inconsciente a favor dos ratos que aprendiam mais depressa.

A experiência prosseguiu durante 32 gerações e demorou quinze anos a concluir.

Em conformidade com a teoria lamarckista, verificou-se uma tendência acentuada para os ratos das gerações sucessivas aprenderem mais rapidamente.

Isto é indicado pelo número médio de erros cometidos pelos ratos das primeiras oito gerações, superior a 56, em comparação com 41, 29 e 20, respetivamente, nos segundo, terceiro e quarto grupos de oito gerações.⁷

A diferença não se tornou visível apenas nos resultados quantitativos, mas também no comportamento efetivo dos ratos, que se mostraram mais cautelosos e hesitantes nas gerações posteriores.⁸

McDougall antecipou a crítica de que, apesar da seleção aleatória dos progenitores em cada geração, poderia ter ocorrido alguma forma de seleção favorável aos ratos que aprendiam mais depressa.

Para testar esta possibilidade, iniciou uma nova experiência com outro grupo de ratos, na qual os progenitores eram efetivamente selecionados com base nos resultados de aprendizagem.

Numa série, em cada geração, reproduziram-se apenas os animais que aprendiam depressa; na outra, somente os que aprendiam lentamente.

Como seria de esperar, os descendentes dos primeiros tenderam a aprender com relativa rapidez, enquanto os descendentes dos segundos aprenderam comparativamente devagar.

Contudo, mesmo nesta última série, o desempenho das gerações posteriores melhorou de forma muito acentuada, apesar da seleção repetida a favor da aprendizagem lenta (Fig. 29).

Estas experiências foram cuidadosamente realizadas, e os críticos não conseguiram rejeitar os resultados com base em deficiências técnicas.

Chamaram, no entanto, a atenção para uma fraqueza da concepção experimental: McDougall não testara sistematicamente as alterações da velocidade de aprendizagem de ratos cujos progenitores não tinham sido treinados.

Um desses críticos, Francis Crew, da Universidade de Edimburgo, repetiu a experiência de McDougall utilizando ratos provenientes da

mesma linhagem endogâmica e um tanque de configuração semelhante.

Incluiu uma linhagem paralela de ratos «não treinados».

Em cada geração, alguns destes eram testados quanto à velocidade de aprendizagem, enquanto outros, que não eram testados, serviam como progenitores da geração seguinte.

Ao longo das dezoito gerações da experiência, Crew não encontrou qualquer alteração sistemática na velocidade de aprendizagem, nem na linhagem treinada nem na não treinada.⁹

À primeira vista, isto parecia lançar sérias dúvidas sobre as conclusões de McDougall.

Contudo, os resultados de Crew não eram diretamente comparáveis em três aspetos importantes.

Em primeiro lugar, os ratos da experiência de Crew consideraram a tarefa muito mais fácil do que os das primeiras gerações de McDougall.

Este efeito foi tão acentuado que um número considerável de ratos, tanto da linhagem treinada como da não treinada, «aprendeu» imediatamente a tarefa sem receber um único choque.

Desde o início, as pontuações médias dos ratos de Crew eram semelhantes às dos ratos de McDougall depois de mais de trinta gerações de treino.

Nem Crew nem McDougall conseguiram apresentar uma explicação satisfatória para esta discrepância.

Contudo, como McDougall salientou, uma vez que o objetivo da investigação consistia em revelar qualquer efeito do treino sobre as gerações subsequentes, uma experiência na qual alguns ratos não recebiam treino algum e muitos outros recebiam muito pouco não seria adequada para demonstrar esse efeito.¹⁰

Em segundo lugar, os resultados de Crew apresentavam grandes flutuações, aparentemente aleatórias, de geração para geração, muito superiores às observadas nos resultados de McDougall.

Estas flutuações poderiam facilmente ter ocultado qualquer tendência para a melhoria das pontuações nas gerações posteriores.

Em terceiro lugar, Crew adotou uma política de reprodução endogâmica extremamente intensa, cruzando apenas irmãos com irmãs em cada geração.

Não esperava que isto tivesse efeitos adversos, uma vez que os ratos já provinham de uma população endogâmica:

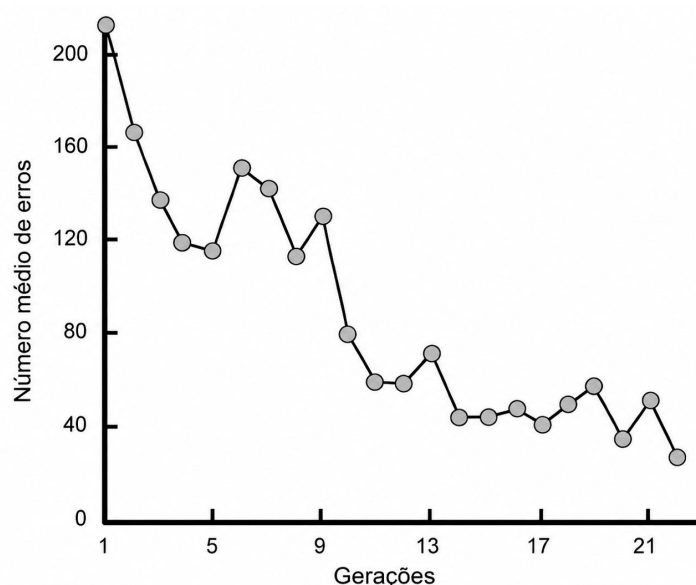


Figura 29 — Número médio de erros nas gerações sucessivas de ratos selecionados, em cada geração, pela lentidão da aprendizagem. (Dados de McDougall, 1938.)

Contudo, a história da minha população parece uma experiência sobre os efeitos da reprodução endogâmica. Existe uma base ampla de linhagens familiares e um ápice estreito constituído pelas duas linhagens restantes. A taxa reprodutiva diminui, e as linhagens extinguem-se umas após outras.¹¹

Mesmo nas linhagens sobreviventes, um número considerável de animais nasceu com anomalias tão graves que teve de ser excluído.

Os efeitos nocivos desta reprodução endogâmica severa poderiam facilmente ter ocultado qualquer tendência para a melhoria da velocidade de aprendizagem.

No seu conjunto, estas deficiências na experiência de Crew significam que os resultados só podem ser considerados inconclusivos.

Na verdade, o próprio Crew entendia que a questão permanecia em aberto.¹²

Felizmente, a história não terminou aqui.

Wilfred Agar e os seus colegas da Universidade de Melbourne voltaram a realizar a experiência, recorrendo a métodos que não apresentavam as desvantagens da investigação de Crew.

Ao longo de vinte anos, mediram a velocidade de aprendizagem das linhagens treinada e não treinada durante cinquenta gerações sucessivas.

Em concordância com McDougall, verificaram uma tendência acentuada para os ratos da linhagem treinada aprenderem mais depressa nas gerações posteriores.

Contudo, foi encontrada exatamente a mesma tendência na linhagem não treinada.¹³

Poderá perguntar-se por que razão McDougall não observou um efeito semelhante nas suas próprias linhagens não treinadas.

A resposta é que o observou.

Embora só ocasionalmente testasse ratos de controlo provenientes da população original não treinada, reparou no «facto perturbador de os grupos de controlo derivados desta população

nos anos de 1926, 1927, 1930 e 1932 apresentarem uma diminuição do número médio de erros entre 1927 e 1932».

Considerou que o resultado seria provavelmente fortuito, mas acrescentou:

É possível que a diminuição do número médio de erros entre 1927 e 1932 represente uma alteração real da constituição de toda a população, um aperfeiçoamento — relativamente a esta capacidade específica — cuja natureza não consigo explicar.¹⁴

Com a publicação, em 1954, do relatório final do grupo de Agar, terminou a prolongada controvérsia em torno da «experiência lamarckista de McDougall».

A melhoria semelhante observada tanto na linhagem treinada como na não treinada excluiu uma interpretação lamarckista.

A conclusão de McDougall foi refutada, e isso pareceu encerrar o assunto.

Por outro lado, os seus resultados foram confirmados.

Estes resultados pareciam completamente inexplicáveis.

Não faziam sentido à luz de qualquer das ideias então existentes e nunca foram objeto de investigação posterior.

Contudo, adquirem sentido à luz da hipótese da causalidade formativa.

Naturalmente, não podem, por si sós, demonstrar a hipótese.

É sempre possível sugerir outras explicações — por exemplo, que as gerações sucessivas de ratos se tornaram progressivamente mais inteligentes por alguma razão desconhecida, sem relação com o treino.¹⁵

Em experiências futuras, a forma menos ambígua de testar os efeitos da ressonância mórfica seria levar um grande número de ratos — ou de quaisquer outros animais — a aprender uma nova tarefa num determinado local e verificar depois se ocorria um aumento da velocidade com que ratos semelhantes aprendiam a realizar a mesma tarefa noutro local, a centenas de quilómetros de distância.

A velocidade inicial de aprendizagem deveria ser aproximadamente igual nos dois locais.

Em seguida, segundo a hipótese da causalidade formativa, a velocidade de aprendizagem deveria aumentar progressivamente no local onde fosse treinado um grande número de animais.

Deveria também tornar-se detetável um aumento semelhante entre os ratos do segundo local, embora muito poucos tivessem sido ali treinados.

Evidentemente, seria necessário tomar precauções para evitar qualquer possível enviesamento consciente ou inconsciente por parte dos investigadores.

Uma possibilidade seria os investigadores do segundo local testarem regularmente, por exemplo todos os meses, a velocidade de aprendizagem dos ratos em várias tarefas diferentes.

No primeiro local, a tarefa específica na qual seriam treinados milhares de ratos seria depois escolhida aleatoriamente entre esse conjunto.

Além disso, o momento em que o treino começaria também seria selecionado ao acaso.

Poderia iniciar-se, por exemplo, quatro meses depois do começo dos testes regulares no segundo local.

Os investigadores do segundo local não seriam informados sobre qual a tarefa selecionada nem sobre o momento em que o treino começara no primeiro.

Se, nestas condições, fosse detetado no segundo local um aumento acentuado da velocidade de aprendizagem da tarefa selecionada, após o início do treino no primeiro, o resultado proporcionaria fortes indícios favoráveis à hipótese da causalidade formativa.

Um efeito deste tipo poderá perfeitamente ter ocorrido quando Crew e o grupo de Agar repetiram o trabalho de McDougall.

Nos dois casos, os ratos começaram por aprender a tarefa consideravelmente mais depressa do que os ratos de McDougall quando este iniciou a sua experiência.¹⁶

Se esta experiência produzisse resultados positivos, não seria, pela sua própria natureza, inteiramente reproduzível.

Nas tentativas de repetição, os ratos seriam influenciados pela ressonância mórfica proveniente dos animais da experiência original.

Para demonstrar repetidamente o mesmo efeito, seria necessário alterar a tarefa ou a espécie utilizada em cada experiência.

3. A Evolução do Comportamento

Enquanto o registo fóssil proporciona indícios diretos acerca da estrutura dos animais do passado, praticamente nada revela sobre o seu comportamento.

Consequentemente, a maioria das ideias acerca da evolução do comportamento não pode basear-se em indícios provenientes do passado, mas apenas em comparações entre espécies atualmente existentes.

Por exemplo, podem elaborar-se teorias acerca da evolução do comportamento social das abelhas comparando as espécies sociais atuais com espécies solitárias e coloniais, que se pressupõe serem mais primitivas.

Contudo, por mais razoáveis que essas teorias pareçam, nunca poderão deixar de ser especulativas.¹⁷

Além disso, como se sabe muito pouco acerca da verdadeira hereditariedade do comportamento, as teorias da evolução comportamental dependem de pressupostos sobre a forma como essa hereditariedade ocorre.

A teoria neodarwinista pressupõe que o comportamento inato esteja «programado» ou «codificado» no ADN e que novos tipos de comportamento sejam provocados por mutações aleatórias.

A seleção natural favorecerá depois os mutantes vantajosos, e assim evoluiriam os instintos.

Pressupõe-se também que mutações fortuitas proporcionem aos animais capacidades para determinados tipos de aprendizagem.

Os animais cuja sobrevivência e reprodução beneficiem dessas capacidades serão favorecidos pela seleção natural, e assim evoluirão as capacidades de aprendizagem.

Até a tendência para o comportamento aprendido se tornar inato pode ser atribuída a mutações aleatórias, através do hipotético **efeito Baldwin**.

Os animais podem responder a novas situações aprendendo a comportar-se de maneira adequada.

As mutações fortuitas que levem esse comportamento a manifestar-se sem necessidade de aprendizagem serão favorecidas pela seleção natural.

Consequentemente, um comportamento inicialmente aprendido poderá tornar-se inato — não devido à hereditariedade de caracteres adquiridos, mas porque mutações apropriadas surgem por acaso e são selecionadas.

Parece não existir praticamente nenhum limite para aquilo que pode ser explicado invocando mutações aleatórias favoráveis que alteram a «programação genética» do comportamento.

Estas teorias neodarwinistas podem ser desenvolvidas matematicamente através de cálculos baseados nas fórmulas da genética teórica das populações.¹⁸

Contudo, na medida em que essas especulações não sejam verificáveis, não possuem valor independente: limitam-se a elaborar os pressupostos mecanicistas de que partem.

A hipótese da causalidade formativa conduz a interpretações muito diferentes da evolução do comportamento.

Na medida em que as alterações genéticas influenciem o comportamento, continuará a esperar-se que a seleção natural produza modificações nos fundos genéticos das populações.

Contudo, os padrões comportamentais específicos dependem da hereditariedade dos campos comportamentais através da ressonância mórfica.

Quanto maior for o número de vezes que determinado padrão comportamental é repetido, mais intensa se tornará essa ressonância.

Assim, a repetição do comportamento instintivo tenderá a fixar progressivamente os instintos.

Por outro lado, quando os padrões comportamentais variam entre indivíduos, a ressonância mórfica não produz credos claramente definidos; conseqüentemente, o comportamento será menos estereotipado.

Quanto maior for a diversidade do comportamento, maior será a margem para a variação nas gerações futuras.

Esta modalidade de evolução, que permite o aparecimento da inteligência, ocorreu em certa medida entre as aves, em maior grau nos mamíferos e, sobretudo, nos seres humanos.

Em alguns casos, comportamentos parcialmente aprendidos poderão ter evoluído a partir de um contexto em que eram totalmente instintivos.

Uma forma de isto ter acontecido seria através da hibridação de raças dotadas de creodos diferentes, dando origem a campos motores compostos com maior margem para variação individual.

Inversamente, comportamentos semi-instintivos poderão ter evoluído a partir de comportamentos originalmente aprendidos, em resultado da repetição frequente.

Considere-se, por exemplo, o comportamento das diferentes raças de cães.

Os cães-pastores foram treinados e selecionados ao longo de muitas gerações pela capacidade de reunir rebanhos; os cães de cobro, para recuperar animais abatidos; os cães de parar, para assinalar a presença da caça; os cães de caça à raposa, para perseguir raposas, e assim sucessivamente.

Frequentemente, os cães apresentam uma tendência inata para o comportamento característico da respetiva raça antes mesmo de serem treinados.¹⁹

Talvez estas tendências não sejam suficientemente fortes para serem chamadas instintos, mas demonstram que existe apenas uma diferença de grau entre o instinto e uma predisposição hereditária para aprender determinados tipos de comportamento.

Naturalmente, as raças caninas evoluíram em condições de seleção artificial, e não de seleção natural, mas os mesmos princípios se aplicam em ambos os casos.

Embora seja relativamente fácil imaginar como alguns tipos de comportamento instintivo poderão ter-se desenvolvido através da repetição de comportamentos aprendidos geração após geração, esta explicação dificilmente poderá aplicar-se à evolução de todos os tipos de instinto, sobretudo nos animais com capacidade de aprendizagem muito limitada.

É possível que alguns instintos novos tenham surgido através de novas permutações e combinações de instintos preexistentes.

Uma forma de isto ocorrer seria através da hibridação entre raças ou espécies dotadas de diferentes padrões comportamentais.

Outra maneira de surgirem novas combinações seria através da incorporação de **atividades de deslocamento** — ações aparentemente irrelevantes executadas por animais «divididos» entre instintos incompatíveis.

Certos elementos dos rituais de corte poderão ter surgido desta maneira.²⁰

É também concebível que mutações ou a exposição a ambientes invulgares permitam a um animal sintonizar-se com os creodos motores de outras espécies (Secção 6 Cap.8).

Contudo, além da recombinação de creodos existentes, deverá existir alguma forma de surgirem campos motores inteiramente novos nos animais cujo comportamento é quase totalmente instintivo.

Novos padrões comportamentais só poderiam emergir se a repetição habitual do comportamento ancestral fosse bloqueada por uma alteração ambiental ou por uma mutação que modificasse a fisiologia ou a morfogénese normal do animal.

Na maioria dos casos, o animal poderia agir de maneira descoordenada e ineficaz; ocasionalmente, porém, poderia surgir um novo campo motor.

E, sempre que um novo campo aparece pela primeira vez, terá de ocorrer um salto que não pode ser plenamente explicado com base nas causas energéticas ou formativas precedentes (Secções 1 Cap.5 e 7 Cap.8).

Se o padrão comportamental resultante de um novo campo prejudicar a capacidade dos animais para sobreviverem e se reproduzirem, não será repetido muitas vezes.

Os animais que persistirem nesse comportamento serão eliminados pela seleção natural.

Contudo, se o novo padrão comportamental contribuir para a sobrevivência e a reprodução, tenderá a ser repetido e reforçado pela ressonância mórfica.

4. O Comportamento Humano

Os animais superiores comportam-se frequentemente com maior flexibilidade do que os animais inferiores.

Contudo, esta flexibilidade limita-se aos estádios iniciais de uma sequência comportamental, sobretudo à fase apetitiva inicial.

Os estádios posteriores — em especial o estágio final, o ato consumatório — são executados de maneira estereotipada, sob a forma de padrões fixos de ação (Secção 2 Cap.10).

Nos termos do modelo da paisagem, um campo motor principal pode ser representado por um vale amplo, que se vai estreitando e adquirindo vertentes progressivamente mais íngremes, até terminar num desfiladeiro profundo (Fig. 28B).

O vale amplo corresponde à fase apetitiva, na qual podem ser seguidos muitos percursos alternativos.

Estes convergem depois, à medida que são afunilados em direção ao creodo final, fortemente canalizado, do ato consumatório.

No comportamento humano, a diversidade de maneiras através das quais os objetivos comportamentais são alcançados é muito superior à de qualquer outra espécie.

Contudo, parecem aplicar-se os mesmos princípios: sob a influência dos campos comportamentais de nível superior, os padrões de ação são afunilados em direção a atos consumatórios estereotipados, geralmente inatos.

Por exemplo, as pessoas obtêm alimento através de toda uma variedade de métodos: diretamente, pela caça, recolha, pesca, criação de animais ou agricultura; ou indiretamente, executando diferentes tarefas ou profissões que lhes permitem adquiri-lo.

O alimento é depois preparado e cozinhado de muitas formas diferentes e levado à boca através de diversos meios — por exemplo, com as mãos, pauzinhos ou uma colher.

Contudo, existem poucas diferenças na maneira como é mastigado, e o ato consumatório do campo motor global da alimentação — a deglutição — é semelhante em todas as pessoas.

Do mesmo modo, no comportamento governado pelo campo motor da reprodução, os métodos de corte e os sistemas matrimoniais variam amplamente, mas o ato consumatório da cópula para o qual conduzem é mais ou menos estereotipado.

No homem, o padrão fixo de ação final, a ejaculação, decorre automaticamente e é, na realidade, inato.

Assim, os padrões extremamente variados do comportamento humano orientam-se geralmente para um número limitado de objetivos proporcionados pelos campos motores herdados, através da ressonância mórfica, de membros passados da espécie.

Em geral, estes objetivos relacionam-se com o desenvolvimento, a manutenção ou a reprodução do indivíduo ou do grupo social.

Até as brincadeiras e as atividades exploratórias que não se orientam imediatamente para esses objetivos contribuem frequentemente para os alcançar mais tarde, tal como acontece noutras espécies.

Nem a brincadeira nem o «comportamento exploratório apetitivo generalizado», na ausência de uma recompensa imediata, são exclusivos dos seres humanos.

Os ratos, por exemplo, exploram o ambiente e investigam objetos mesmo quando estão saciados.²¹

Contudo, nem toda a atividade humana se encontra subordinada aos campos motores que a canalizam para objetivos biológicos ou sociais.

Algumas atividades orientam-se explicitamente para fins transcendentais.

Este tipo de comportamento manifesta-se na sua forma mais pura na vida dos santos.

Embora a amplitude da variação no comportamento humano seja muito grande quando se considera a espécie no seu conjunto, em determinada sociedade as atividades dos indivíduos tendem a inserir-se num número limitado de padrões convencionais.

As pessoas repetem habitualmente atividades dotadas de uma estrutura característica, anteriormente realizadas inúmeras vezes por muitas gerações de antepassados.

Entre elas incluem-se:

- a utilização de determinada língua;
- as competências associadas à caça, agricultura, tecelagem, fabrico de ferramentas, culinária, etc.;
- as canções e danças;

- e os comportamentos específicos de determinados papéis sociais.

Todos estes padrões podem ser concebidos como campos mórficos.

Richard Dawkins criou a palavra **meme** para designar «uma unidade de transmissão cultural ou uma unidade de imitação».²²

Escolheu deliberadamente uma palavra foneticamente semelhante a **gene**, para salientar a analogia entre genes e memes enquanto replicadores.

Um dos problemas deste termo, porém, é o seu caráter atomista: sugere que os memes são unidades independentes situadas ao mesmo nível entre si.

Em contrapartida, conceber a hereditariedade cultural em termos de campos mórficos não implica semelhante atomismo: os campos mórficos encontram-se organizados em hierarquias encaixadas (Fig. 10).²³

Todos os padrões de atividade característicos de determinada cultura podem ser considerados campos mórficos.

Quanto maior for o número de vezes que são repetidos, mais fortemente estabilizados se tornarão.

Contudo, devido à desconcertante diversidade dos campos mórficos específicos de cada cultura — qualquer um dos quais poderia potencialmente canalizar os movimentos de qualquer ser humano —, a ressonância mórfica não consegue, por si só, conduzir um indivíduo para um conjunto de creodos em vez de outro.

Por conseguinte, nenhum destes padrões comportamentais se manifesta espontaneamente: todos têm de ser aprendidos.

O indivíduo é iniciado em determinados padrões de comportamento pelos restantes membros da sociedade.

Quando o processo de aprendizagem começa, geralmente através da imitação, a execução de um padrão comportamental característico coloca o indivíduo em ressonância mórfica com todos os que realizaram esse mesmo padrão no passado.

Consequentemente, a aprendizagem é facilitada à medida que o indivíduo se «sintoniza» com campos mórficos específicos.²⁴

Os processos de iniciação são, na realidade, tradicionalmente compreendidos em termos bastante semelhantes.

Considera-se que os indivíduos entram em estados ou modos de existência que os precedem e possuem uma realidade transpessoal.

A facilitação da aprendizagem através da ressonância mórfica seria difícil de demonstrar empiricamente no caso de padrões comportamentais há muito estabelecidos.

Contudo, uma alteração da velocidade de aprendizagem deveria ser mais facilmente detetável nos padrões motores de origem recente.

Assim, por exemplo, aprender a andar de bicicleta, conduzir um automóvel, esquiar ou jogar um videogame deveria ter-se tornado progressivamente mais fácil devido à ressonância mórfica cumulativa proveniente do elevado número de pessoas que já adquiriram essas competências.

No entanto, mesmo que dados quantitativos fiáveis demonstrassem que a velocidade de aprendizagem aumentou efetivamente, a interpretação seria complicada pela provável influência de outros fatores, como o aperfeiçoamento da concepção das máquinas, melhores métodos de ensino e uma motivação mais elevada para aprender.

Contudo, através de experiências especificamente concebidas para manter constantes esses outros fatores, poderá ser possível obter indícios convincentes dos efeitos previstos.

A investigação experimental recente sobre a ressonância mórfica na aprendizagem humana é resumida no Apêndice A.

A hipótese da causalidade formativa aplica-se a todos os aspetos do comportamento humano nos quais determinados padrões de movimento são repetidos.

Contudo, não consegue explicar a origem inicial desses padrões.

Aqui, como noutros casos, o problema da criatividade situa-se fora do âmbito das ciências naturais, e qualquer resposta só poderá ser dada em termos metafísicos (Secções 1 Cap.5, 7 Cap.8 e 3 Cap.11).

CAPÍTULO 12

Quatro Conclusões Possíveis

1. A Hipótese da Causalidade Formativa

A hipótese da causalidade formativa é uma hipótese verificável acerca das regularidades objetivamente observáveis da natureza.

Não consegue explicar a origem de novas formas e de novos padrões comportamentais, nem explicar a experiência subjetiva.

Explicações desse tipo só podem ser proporcionadas por teorias da realidade de alcance mais amplo do que as das ciências naturais — por outras palavras, por teorias metafísicas.

Atualmente, as questões científicas e metafísicas são frequentemente confundidas devido à estreita ligação entre a teoria mecanicista da vida e a teoria metafísica do materialismo.

Esta última continuaria a ser defensável caso a teoria mecanicista fosse substituída, no âmbito da biologia, pela hipótese da causalidade formativa — ou, na realidade, por qualquer outra hipótese.

Contudo, perderia a sua posição privilegiada e teria de entrar em livre concorrência com outras teorias metafísicas.

Para ilustrar a importante distinção entre os domínios da ciência e da metafísica, serão brevemente delineadas, nas secções seguintes, quatro teorias metafísicas diferentes.

Todas são compatíveis com a hipótese da causalidade formativa.

Do ponto de vista das ciências naturais, a escolha entre elas permanece em aberto.

2. Materialismo Modificado

O materialismo parte do pressuposto de que apenas a matéria é real; conseqüentemente, tudo o que existe ou é matéria ou depende inteiramente dela para existir.

No entanto, o conceito de matéria não possui um significado fixo.

À luz da física moderna, já foi ampliado de forma a incluir os campos físicos, e as partículas materiais passaram a ser consideradas formas de energia.

A filosofia materialista foi modificada em conformidade, sendo por vezes denominada **fisicalismo**, para refletir esta transformação.

Os campos mórficos encontram-se associados a sistemas materiais e podem também ser considerados aspetos da matéria (Secção 5 Cap.3).

Assim, o materialismo ou fisicalismo poderia ser novamente modificado de modo a incorporar a ideia da causalidade formativa.¹

Na discussão seguinte, esta nova forma da filosofia materialista será designada por **materialismo modificado**.

O materialismo nega *a priori* a existência de qualquer agente causal não material: o mundo físico constitui um sistema causalmente fechado.

Por conseguinte, não pode existir um self não material que atue sobre o corpo, como parece acontecer do ponto de vista subjetivo.

A experiência consciente seria antes, em determinado sentido, idêntica aos estados materiais do cérebro ou decorreria simplesmente em paralelo com eles, sem os afetar.²

No materialismo convencional, os estados cerebrais são determinados por uma combinação de causalidade energética e acontecimentos aleatórios.

No materialismo modificado, seriam determinados adicionalmente pela causalidade formativa.

Na realidade, a experiência consciente seria provavelmente mais bem concebida como um aspeto ou epifenómeno dos campos mórficos que atuam sobre o cérebro.

Segundo esta hipótese, a experiência subjetiva do livre-arbítrio não pode corresponder à influência causal de um self não material sobre o corpo.

Contudo, é concebível que alguns acontecimentos aleatórios no interior do cérebro sejam subjetivamente experienciados como escolhas livres.

Esta liberdade revela-se apenas visível, porém: não passaria de um aspeto ou epifenómeno da ativação fortuita de um campo mórfico em vez de outro.

Se toda a experiência consciente for apenas um acompanhamento dos campos mórficos que atuam sobre o cérebro — ou decorrer paralelamente a eles —, então a memória consciente, tal como a memória dos hábitos (Secção 1 Cap.10), terá de depender da ressonância mórfica proveniente de estados passados do cérebro.

Nem as memórias conscientes nem as inconscientes estariam armazenadas no cérebro.

No contexto do materialismo convencional, os indícios favoráveis aos fenómenos parapsicológicos só podem ser negados, ignorados ou explicados de forma a fazê-los desaparecer.

O materialismo modificado, porém, permite uma atitude mais positiva.

Em particular, torna-se possível formular uma explicação da telepatia em termos de campos mórficos³ e da psicocinese em termos da modificação de acontecimentos probabilísticos no interior de objetos sob a influência de campos comportamentais.⁴

A origem de novas formas, de novos padrões comportamentais e de novas ideias não pode ser explicada com base em causas energéticas e formativas preexistentes (Secções 1 Cap.5, 7 Cap.8, 3 e 4 Cap.11).

Além disso, o materialismo nega a existência de qualquer agente criador não material que pudesse originá-los.

Consequentemente, não possuem causa.

A sua origem terá, portanto, de ser atribuída ao acaso, e a evolução só poderá ser compreendida em termos da interação entre o acaso e a necessidade física.

Em síntese, segundo o materialismo modificado, a experiência consciente constitui um aspeto dos campos mórficos que atuam sobre o cérebro ou decorre em paralelo com eles.

Toda a criatividade humana, tal como a criatividade evolutiva, terá de ser atribuída, em última análise, ao acaso.

Os seres humanos adotam as suas crenças — incluindo a crença no materialismo — e realizam as suas ações em resultado de acontecimentos fortuitos e necessidades físicas no interior do cérebro.

A vida humana não possui qualquer propósito para além da satisfação das necessidades biológicas e sociais.

A evolução da vida também não possui propósito, tal como o Universo no seu conjunto não possui qualquer propósito ou direção.

3. O Self Consciente

Contrariamente à filosofia materialista, pode admitir-se que o self consciente possua uma realidade que não deriva simplesmente da matéria.

Em vez de negar, pode aceitar-se que o próprio self consciente possui a capacidade de realizar escolhas livres.

Por analogia, pode igualmente pressupor-se que as outras pessoas são seres conscientes dotados de uma capacidade semelhante.

Esta perspetiva de «senso comum» conduz à conclusão de que o self consciente e o corpo interagem.

Mas como ocorre essa interação?

No contexto da teoria mecanicista da vida, o self consciente só pode ser uma espécie de «fantasma na máquina».⁵

Para os materialistas, esta ideia parece intrinsecamente absurda.

Até os defensores da posição interacionista foram incapazes de especificar como a interação ocorre, para além de sugerirem que poderá depender, de alguma maneira, da modificação de acontecimentos quânticos no interior do cérebro.⁶

A hipótese da causalidade formativa permite encarar este antigo problema sob uma nova perspetiva.

Pode considerar-se que o self consciente interage não com uma máquina, mas com campos mórficos.

Estes campos encontram-se associados ao corpo e dependem dos seus estados físicos e químicos.

Contudo, o self não é idêntico aos campos mórficos, nem a sua experiência decorre simplesmente em paralelo com as alterações produzidas no cérebro pela causalidade energética e formativa.

O self «entra» nos campos mórficos, mas permanece acima e para além deles.

Através destes campos, o self consciente encontra-se intimamente ligado ao ambiente exterior e aos estados do corpo durante a percepção e a atividade conscientemente controlada.

A experiência subjetiva que não se relaciona diretamente com o ambiente presente ou com a ação imediata — por exemplo, nos sonhos, devaneios e pensamento discursivo — não precisa de manter uma relação particularmente estreita com as causas energéticas e formativas que atuam sobre o cérebro.

À primeira vista, esta conclusão poderá parecer contradizer os indícios de que os estados de consciência se encontram frequentemente associados a atividades fisiológicas características.

Os sonhos, por exemplo, tendem a ser acompanhados por movimentos oculares rápidos e ritmos elétricos de determinadas frequências no cérebro.⁷

Contudo, estes indícios não demonstram que os pormenores específicos dos sonhos decorram paralelamente a essas alterações fisiológicas.

Estas últimas poderão constituir apenas uma consequência não específica da entrada da consciência no estado onírico.

Este ponto torna-se mais fácil de compreender através de uma analogia.

Considere-se a interação entre um automóvel e o seu condutor.

Em determinadas condições, quando o automóvel está efetivamente em movimento, as suas deslocações encontram-se estreitamente relacionadas com as ações do condutor e dependem da sua perceção da estrada à frente, dos sinais rodoviários, dos mostradores que indicam o estado interno do veículo, e assim sucessivamente.

Noutras condições, porém, esta ligação é menos estreita.

Por exemplo, quando o automóvel está parado com o motor ao ralenti, o condutor poderá estar a consultar um mapa.

Embora exista uma relação geral entre o estado do automóvel e aquilo que o condutor está a fazer — não poderia ler enquanto conduz —, não existirá qualquer ligação específica entre as vibrações do motor e as características do mapa que está a estudar.

Do mesmo modo, a atividade elétrica rítmica no cérebro não precisa de manter qualquer relação específica com as imagens experienciadas nos sonhos.

Admitindo que o self possui propriedades próprias, como atua sobre o corpo e o mundo exterior através dos campos mórficos?

Poderá fazê-lo de duas maneiras.

Em primeiro lugar, selecionando entre diferentes campos mórficos possíveis e levando à adoção de um curso de ação em vez de outro.

Em segundo lugar, atuando como agente criador através do qual novos campos mórficos surgem — por exemplo, durante a aprendizagem por *insight* (Secção 4 Cap.10).

Em ambos os casos, atuaria como uma causa formativa, mas uma causa que, dentro de certos limites, seria livre e indeterminada do ponto de vista da causalidade física.

Poderia, na realidade, ser concebido como uma **causa formativa das causas formativas**.

Segundo esta interpretação, as ações conscientemente controladas dependem de três tipos de causalidade:

- causalidade consciente
- causalidade formativa

- causalidade energética

Em contrapartida, as teorias interacionistas tradicionais, do tipo «fantasma na máquina», admitem apenas duas: a causalidade consciente e a energética, sem qualquer causalidade formativa intermédia.

O materialismo modificado admite outras duas: a causalidade formativa e a energética, negando a existência da causalidade consciente.

O materialismo convencional admite apenas uma: a causalidade energética.⁸

Nos animais inferiores, a forte canalização dos padrões comportamentais instintivos deixa provavelmente pouca ou nenhuma margem para a causalidade consciente.

Entre os animais superiores, porém, a canalização inata relativamente fraca do comportamento apetitivo poderá proporcionar uma margem limitada.

Nos seres humanos, a enorme diversidade de ações possíveis dá origem a muitas situações ambíguas nas quais podem ser realizadas escolhas conscientes.

Isto ocorre tanto nos níveis inferiores — entre possíveis métodos para alcançar objetivos já determinados por campos mórficos de

nível superior — como nos níveis superiores, entre campos mórficos concorrentes.

Segundo esta perspectiva, a consciência orienta-se principalmente para a escolha entre ações possíveis, e a sua evolução esteve intimamente ligada ao aumento da margem de atuação da causalidade consciente.

Numa fase inicial da evolução humana, esta margem deverá ter aumentado enormemente com o desenvolvimento da linguagem.

Isto terá acontecido diretamente, através da capacidade de produzir um número indefinido de padrões sonoros ao pronunciar expressões e frases; e indiretamente, através de todas as ações tornadas possíveis por este meio de comunicação pormenorizado e flexível.

Durante o desenvolvimento associado do pensamento conceptual, o self consciente deverá ter-se tornado consciente de si próprio, mediante um salto qualitativo, como agente da causalidade consciente.

Embora a criatividade consciente atinja o seu desenvolvimento mais elevado na espécie humana, desempenha provavelmente também um papel importante no aparecimento de novos padrões comportamentais nos animais superiores e poderá até possuir alguma relevância nos animais inferiores.

Contudo, a causalidade consciente só atua no interior de estruturas já estabelecidas de causalidade formativa, proporcionadas pela ressonância mórfica proveniente dos animais do passado.

Não consegue explicar os campos comportamentais no contexto dos quais se exprime, nem pode ser considerada uma causa da forma característica da espécie.

Ainda menos poderá contribuir para explicar a origem de novas formas no reino vegetal.

Assim, o problema da criatividade evolutiva permanece por resolver.

Pode admitir-se a realidade do self consciente enquanto fonte de criatividade, negando simultaneamente a existência de qualquer agente criador que transcenda os organismos individuais.

Todas as restantes formas de criatividade poderão então ser atribuídas ao acaso.

Ir mais longe exige admitir fontes de criatividade que transcendam os organismos individuais, como será discutido a seguir.

4. O Universo Criador

Embora um agente criador capaz de originar novas formas e novos padrões comportamentais no decurso da evolução tivesse necessariamente de transcender os organismos individuais, não precisaria de transcender toda a natureza.

Poderia, por exemplo, ser imanente à vida no seu conjunto.

Nesse caso, corresponderia àquilo que Henri Bergson designou por *élan vital* — ou impulso vital.⁹

Poderia também ser imanente ao planeta no seu conjunto, ao Sistema Solar ou a todo o Universo.

Poderia, na realidade, existir uma hierarquia de criatividades imanentes em todos estes níveis.

Esses agentes criadores poderiam originar novos campos mórficos através de um tipo de causalidade muito semelhante à causalidade consciente considerada anteriormente.

Na verdade, caso se admita a existência desses agentes criadores, torna-se difícil evitar a conclusão de que deverão ser, em determinado sentido, selves conscientes.

Caso exista semelhante hierarquia de selves conscientes, os que se encontram nos níveis superiores poderão expressar a sua criatividade através dos que se encontram nos níveis inferiores.

E, se um agente criador de nível superior atuasse através da consciência humana, os pensamentos e as ações a que desse origem poderiam ser efetivamente experienciados como provenientes de uma fonte exterior.

A experiência da inspiração é, na realidade, bem conhecida.

Além disso, se esses «selves superiores» forem imanentes à natureza, é concebível que, em determinadas condições, os seres humanos se tornem diretamente conscientes de estarem abrangidos ou incluídos neles.

Na realidade, a experiência de uma unidade interior com a vida, com a Terra ou com o Universo tem sido frequentemente descrita, na medida em que pode ser expressa.

Contudo, embora uma hierarquia imanente de selves conscientes pudesse explicar a criatividade evolutiva no interior do Universo, não poderia ter originado o próprio Universo.

Esta criatividade imanente também não poderia possuir qualquer objetivo se nada existisse para além do Universo em direção ao qual pudesse avançar.

Toda a natureza estaria, portanto, em evolução contínua, mas de maneira cega e sem direção.

Esta posição metafísica admite a eficácia causal do self consciente e a existência de agentes criadores que transcendem os organismos individuais, mas são imanentes à natureza.

Nega, contudo, a existência de qualquer agente criador último que transcenda o Universo no seu conjunto.

5. Realidade Transcendente

O Universo no seu conjunto só poderia possuir uma causa e um propósito caso tivesse sido criado por um agente consciente que o transcendesse.

Se este ser consciente transcendente fosse a fonte do Universo e de tudo o que nele existe, todas as coisas criadas participariam, em determinado sentido, da sua natureza.

A «totalidade» mais ou menos limitada dos organismos em todos os níveis de complexidade poderia então ser entendida como um reflexo da unidade transcendente da qual dependem e da qual, em última análise, derivam.

Assim, esta quarta posição metafísica afirma:

- a eficácia causal do self consciente;
- a existência de uma hierarquia de agentes criadores imanescentes à natureza;
- e a realidade de uma fonte transcendente do Universo.

APÊNDICE A

Novos Testes Para a Ressonância Mórfica

Existem duas abordagens para testar a hipótese da causalidade formativa.

A primeira realiza-se através dos campos mórficos, que ligam espacialmente as diferentes partes de uma unidade mórfica.

A segunda realiza-se através da ressonância mórfica e da sua influência cumulativa ao longo do tempo.

A investigação sobre o aspeto espacial dos campos mórficos tem incidido sobretudo nos campos sociais e percetivos.

Resumi os resultados nos meus livros *Sete Experiências que Podem Mudar o Mundo*, *Cães que Sabem Quando os Donos Estão a Chegar a Casa* e *a Sensação de Estar a Ser Observado*.¹

Os textos integrais dos meus artigos científicos sobre estes temas, publicados em revistas com revisão por pares, encontram-se disponíveis no meu sítio da Internet, www.sheldrake.org.

Neste Apêndice, proponho uma série de novos testes para a própria ressonância mórfica.

Quando surgem pela primeira vez, os novos campos mórficos são fracos.

Não se encontram estabilizados pela ressonância mórfica proveniente de sistemas semelhantes anteriores.

Quanto maior for a frequência com que determinado processo mórfico ocorre, maior será a ressonância mórfica, mais forte se tornará o campo mórfico e mais coerciva será a força do hábito.

À medida que a ressonância mórfica aumenta, os processos mórficos tornam-se mais rápidos e os campos mórficos mais estáveis.

Estas previsões da hipótese da causalidade formativa podem ser testadas numa ampla diversidade de sistemas, desde a física das baixas temperaturas até à aprendizagem humana.

1. Condensados de Bose-Einstein

Quando as unidades mórficas existem há milhares de milhões de anos e foram repetidas inúmeras vezes, não será detetável qualquer alteração na velocidade da sua formação.

A sua estabilidade também não se modificará.

Os seus hábitos encontram-se fixados.

Por exemplo, a formação de átomos de hidrogénio, moléculas de metano e cristais de cloreto de sódio não apresentará alterações mensuráveis.

Para detetar a ressonância mórfica, é necessário estudar novos sistemas auto-organizadores.

No domínio da física, que processos observáveis aqui na Terra terão provavelmente nunca ocorrido em qualquer outro lugar do Universo?

Os fenómenos que ocorrem a temperaturas extremamente baixas.

A temperatura de fundo do Universo, revelada pela radiação cósmica de fundo em micro-ondas, é de 2,7 K — por outras palavras, 2,7 °C acima do zero absoluto.

Contudo, nos laboratórios, é atualmente possível arrefecer sistemas até menos de 1 °C acima do zero absoluto, temperaturas muito inferiores às existentes no restante Universo, tanto quanto sabemos.

A estas temperaturas ultrabaixas, os sistemas físicos comportam-se de maneiras muito estranhas.

O fenómeno de baixa temperatura mais conhecido é a formação dos **condensados de Bose-Einstein**, um novo estado da matéria que se acrescenta aos estados familiares sólido, líquido, gasoso e plasmático.

Satyendra Nath Bose e Albert Einstein previram pela primeira vez a existência destes condensados em 1927.

O primeiro a ser investigado foi o hélio-4, em 1938.

Quando arrefecido até 2,17 K, tornou-se um superfluido, escoando sem fricção.

O primeiro condensado de Bose-Einstein «puro» foi produzido em 1995, utilizando rubídio-87.

Estes condensados possuem muitas propriedades estranhas e constituem, na prática, **superátomos**: grupos de átomos que se comportam como uma única unidade.

Presumivelmente, os condensados de Bose-Einstein produzidos nos laboratórios modernos de física são inteiramente novos na natureza e nunca terão ocorrido anteriormente na história do Universo — a menos que tenham sido produzidos em laboratórios de física por seres extraterrestres noutros planetas.

Uma vez que se comportam como totalidades unificadas, poderão constituir um ponto de convergência entre os campos quânticos e os campos mórficos.

Caso os condensados de Bose-Einstein sejam efetivamente organizados por campos mórficos, quanto maior for o número de vezes que determinado tipo de condensado é produzido num laboratório, mais fácil deverá tornar-se a sua produção, em condições semelhantes, em qualquer parte do mundo — e maior deverá ser a sua estabilidade.

Para testar a ressonância mórfica, prepara-se um novo tipo de condensado, que é depois produzido repetidamente em condições padronizadas.

A velocidade da sua formação é monitorizada.

Caso a ressonância mórfica esteja a atuar, o condensado deverá formar-se com maior facilidade à medida que o processo for repetido, e a sua estabilidade deverá aumentar.

2. Pontos de Fusão

Como foi discutido no Capítulo 5, a ressonância mórfica deverá provocar um aumento da velocidade de cristalização à medida que determinado composto é repetidamente cristalizado.

Através da ressonância proveniente de cristais semelhantes anteriores, o campo de qualquer tipo particular de cristal deverá ser reforçado.

O aumento da intensidade do campo mórfico deverá também tornar os cristais mais estáveis e, conseqüentemente, mais difíceis de destruir.

Os cristais desagregam-se quando são aquecidos até ao respetivo ponto de fusão.

Por conseguinte, a ressonância mórfica deverá provocar um aumento dos pontos de fusão dos novos tipos de cristais.

Esta é uma previsão perturbadora.

Os pontos de fusão são chamados «constantes físicas» porque se pressupõe que não se alterem.

Embora sejam afetados por diversas variáveis, como a pressão atmosférica e a presença de impurezas, considera-se geralmente adquirido que amostras puras de determinada substância, à pressão atmosférica normal, possuem o mesmo ponto de fusão em todos os tempos e lugares.

Toda a gente sabe que o ponto de fusão do gelo é, sempre foi e sempre será 0 °C.

Volumosos manuais de constantes físicas enumeram os pontos de fusão de muitos milhares de substâncias.

Poucos aspetos da ciência parecem mais seguros.

Como estudei química, também eu considerava anteriormente evidente a constância dos pontos de fusão.

Depois da publicação da primeira edição deste livro, dei um seminário sobre ressonância mórfica no Departamento de Química da Universidade do Vermont, durante o qual discuti o aumento das velocidades de cristalização dos novos compostos.

Um químico chamou-me a atenção para o facto de que, caso os campos mórficos dos cristais se tornassem mais fortes através da ressonância mórfica, os pontos de fusão deveriam igualmente aumentar.

Ele tinha razão.

Comecei então a investigar se isto acontecia realmente.

Comecei por perguntar a vários químicos de síntese se alguma vez tinham observado uma tendência para o aumento dos pontos de fusão das novas substâncias.

Responderam que sim; parecia tratar-se de uma observação comum.

Contudo, possuíam uma explicação imediata: com o passar do tempo, as competências dos químicos melhoram.

As impurezas reduzem os pontos de fusão e, por isso, estes aumentariam à medida que os químicos produziam amostras mais puras.

Perguntei-lhes:

— Como podemos ter a certeza de que as amostras posteriores eram efetivamente mais puras?

A resposta habitual era:

— Têm de ser mais puras porque possuem pontos de fusão mais elevados.

O argumento era razoável, mas circular.

Consultei então os pontos de fusão de uma ampla variedade de substâncias químicas orgânicas em manuais e revistas de química do início, de meados e do final do século XX.

O meu objetivo era comparar os pontos de fusão de compostos que cristalizam na natureza há milhões de anos com os de compostos que cristalizaram pela primeira vez em laboratórios.

Caso existisse uma tendência geral para as amostras produzidas pelos químicos se tornarem progressivamente mais puras, os dois tipos de cristais deveriam apresentar aumentos semelhantes dos respectivos pontos de fusão.

Contudo, se os pontos de fusão fossem influenciados pela ressonância mórfica, só seria de esperar que aumentassem nas substâncias recentemente cristalizadas.

Os compostos que cristalizam em condições naturais não deveriam apresentar esta tendência, por duas razões.

Em primeiro lugar, existirão provavelmente limites para além dos quais os pontos de fusão não poderão continuar a aumentar.

Outros fatores tornar-se-ão limitantes.

Isto aplica-se a todos os processos.

Por exemplo, depois de Roger Bannister ter corrido pela primeira vez uma milha em quatro minutos, em 1954, as velocidades continuaram a aumentar; o recorde atual é de 3 minutos e 43 segundos.

Contudo, é muito improvável que os recordes continuem a ser sucessivamente batidos até a milha ser percorrida em três minutos, num minuto ou num segundo.

Outros fatores tornar-se-iam limitantes: o sistema muscular, a capacidade do coração para bombear sangue suficiente e até a fricção.

Chegaria um momento em que os suspensórios atléticos dos corredores irromperiam em chamas.

Em termos gerais, seria de esperar que a ressonância mórfica produzisse alterações que acabassem por atingir determinados limites.

Isto aplicar-se-ia aos pontos de fusão tal como a tudo o resto.

Em segundo lugar, existirá uma quantidade tão grande de ressonância mórfica proveniente de cristais passados que nenhuma alteração adicional será observável.

Perante um fundo de ressonância proveniente de milhares de biliões de cristais anteriores, a ressonância acrescentada por mais alguns milhares não produzirá qualquer diferença detetável.

Evidentemente, os pontos de fusão apresentados nos manuais baseiam-se em relatos da literatura química anteriores à própria publicação desses manuais.

Além disso, os pontos de fusão apresentados numa edição são frequentemente copiados para a edição seguinte ou retirados de outros manuais.

Consequentemente, a datação das alterações dos pontos de fusão não é precisa, e o valor citado em determinado manual poderá referir-se a uma medição realizada vários anos ou mesmo décadas antes.²

Apesar disso, os manuais são atualizados periodicamente, e os antigos pontos de fusão são substituídos por novos valores.

Os pontos de fusão mais atualizados encontram-se nos catálogos de produtos químicos.

Concentrei-me no *Catalogue Handbook of Fine Chemicals*, da Aldrich Chemical Company.

Em muitos casos, os pontos de fusão indicados pela Aldrich eram superiores aos apresentados nos manuais de referência existentes nas bibliotecas.

Contudo, até que ponto seriam fiáveis os valores da Aldrich?

Em 1991, adquirei à Aldrich amostras de quarenta substâncias químicas diferentes e providenciei para que os seus pontos de fusão fossem medidos no Departamento de Materiais do Imperial College of Science and Technology, da Universidade de Londres.³

Os valores medidos correspondiam de perto aos indicados pela empresa, apresentando geralmente diferenças inferiores a 1 ou 2 °C.

Assim, os pontos de fusão do catálogo da Aldrich pareciam constituir um indicador fiável dos valores contemporâneos.

Muitos dos aumentos dos pontos de fusão ocorridos ao longo do século XX ultrapassaram os 5 °C.

Por exemplo, a sacarina, o adoçante artificial mais antigo, foi sintetizada pela primeira vez em 1878.

Em 1902, o seu ponto de fusão era de 220 °C.

Em 1996, era de 229 °C — um aumento de 9 °C.

A fenolftaleína, utilizada nos laboratórios de química como indicador de acidez, foi produzida pela primeira vez em 1880.

Em 1907, o seu ponto de fusão era de 252 °C; em 1989, atingia 262 °C — um aumento de 10 °C.

Os éteres-coroa constituem uma família de moléculas em forma de coroa utilizadas como agentes quelantes, sintetizadas pela primeira vez em 1976.

O membro mais utilizado desta família, o 18-coroa-6, apresentava inicialmente um ponto de fusão de 39 °C.

Em 1989, atingia 45 °C — um aumento de 6 °C.

Outros compostos cujos pontos de fusão aumentaram eram substâncias químicas naturalmente presentes em organismos vivos, mas demasiado diluídas para cristalizarem na natureza.

Embora estas substâncias existam há muitos milhões — e até milhares de milhões — de anos, terão provavelmente cristalizado pela primeira vez quando foram isoladas e concentradas em laboratórios, a partir do século XIX.

Por exemplo, a adrenalina, isolada pela primeira vez em 1895, possuía em 1901 um ponto de fusão de 201 °C.

Em 1989, era de 215 °C — um aumento de 14 °C.

A cortisona, isolada do córtex suprarrenal na década de 1930, possuía em 1936 um ponto de fusão de 205 °C; em 1989, atingia 225 °C — um aumento de 20 °C.

Durante esta investigação, encontrei uma anomalia particularmente flagrante.

A vitamina B2, também conhecida como riboflavina, cristaliza na natureza — por exemplo, nos olhos dos lémures e em determinadas células fúngicas.⁴

Consequentemente, os cristais de riboflavina deveriam apresentar pouca ou nenhuma alteração do ponto de fusão.

Apesar disso, verificou-se um aumento de 275 °C, em 1940, para 290 °C nas amostras contemporâneas.

Contudo, o valor de 1940, retirado da quinta edição do *Merck Index*, era apenas um entre vários pontos de fusão — entre 271 e 293 °C — registrados entre as décadas de 1930 e 1950.⁵

Esta variabilidade desconcertante poderá ter uma explicação simples: sabe-se atualmente que a riboflavina possui três formas cristalinas diferentes, com pontos de fusão distintos.⁶

No meu levantamento de uma vasta gama de substâncias químicas, encontrei algumas com pontos de fusão constantes e outras cujos pontos de fusão aumentaram.

Muito poucas apresentaram diminuições.

No início da década de 1990, corripondi-me com o editor de um dos principais manuais para lhe perguntar se alguma vez estudara o padrão de alteração entre as diferentes edições.

Não o fizera.

Ficou surpreendido com a tendência generalizada para o aumento dos pontos de fusão, pois presumira que quaisquer alterações seriam resultado de erros aleatórios, com a mesma probabilidade de aumentarem ou diminuir.

Contudo, não era isso que acontecia.

A Figura A.1 compara os pontos de fusão históricos de compostos que cristalizam na natureza há milhões de anos com os de derivados químicos desses compostos que não existiam antes dos séculos XIX ou XX.

A salicina encontra-se na casca dos salgueiros, dos choupos e de outras plantas, sendo utilizada medicinalmente desde o tempo dos antigos Gregos.

Foi isolada pela primeira vez em 1827.

O seu derivado químico, o ácido acetilsalicílico — também conhecido como aspirina —, foi sintetizado pela primeira vez em 1853.

A aspirina foi introduzida na prática médica em 1899 e tornou-se posteriormente um dos medicamentos mais populares do mundo, com um consumo anual de aproximadamente 50 000 toneladas.⁷

O ponto de fusão da salicina manteve-se constante durante todo o século XX, enquanto o da aspirina aumentou 8 °C.

O ácido penicílico é segregado naturalmente por várias espécies de fungos do género *Penicillium* e foi isolado e identificado pela

primeira vez em 1913, muitos anos antes da descoberta, em 1929, das propriedades antibióticas da penicilina.

Na década de 1940, foram isolados e sintetizados vários compostos relacionados.⁸

Um deles era a D-penicilamina, um produto da decomposição dos antibióticos penicilínicos, utilizado terapeuticamente como medicamento antirreumático.

O ponto de fusão do ácido penicílico permaneceu aproximadamente constante, enquanto o da D-penicilamina aumentou 20 °C.

A cocaína ocorre nas folhas da coca sob a forma de base livre, numa concentração que pode atingir 1%.⁹

Presumivelmente, ao longo de milhões de anos, terá cristalizado com frequência à medida que as folhas secavam.

Em contrapartida, o cloridrato de cocaína — a forma comercial da cocaína — é recente: é produzido tratando extratos das folhas de coca com ácido clorídrico.

O ponto de fusão da cocaína permaneceu constante, enquanto o do cloridrato de cocaína aumentou 13 °C.

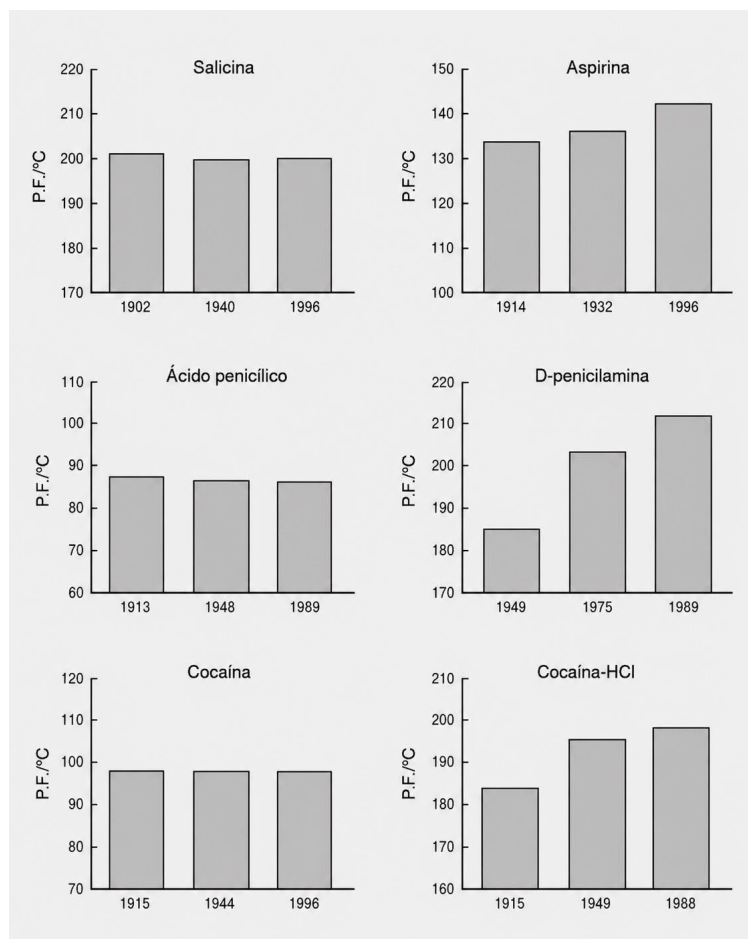


Figura A.1 — Alterações dos pontos de fusão ao longo do tempo em compostos naturais (à esquerda) e em compostos sintéticos relacionados (à direita).

Em 1997, uma organização cética neerlandesa, a Stichting Skepsis, escreveu-me contestando as minhas observações acerca das alterações dos pontos de fusão.

Enviei-lhes os meus dados.

Consultaram a literatura e obtiveram valores muito semelhantes.

Admitiram que alguns pontos de fusão tinham efetivamente aumentado, mas recorreram depois ao argumento de que esses

aumentos só poderiam dever-se ao aperfeiçoamento da pureza das amostras, e não à ressonância mórfica.

Não apresentaram qualquer prova que sustentasse essa suposição.

Num artigo publicado no *Skeptical Inquirer*, limitaram-se a afirmar:

|| Não existe outra explicação.¹⁰

Poderia realizar-se muito mais investigação sobre a história dos pontos de fusão.

Examinei apenas uma pequena parte da imensa literatura química.

Infelizmente, porém, esses registros não incluem habitualmente informação sobre a pureza das amostras, pelo que estes indícios históricos nunca poderão ser conclusivos.

A única forma de avançar consiste em realizar testes especificamente concebidos para o efeito.

Considere-se o seguinte exemplo.

Selecionam-se seis substâncias químicas novas, recentemente produzidas numa universidade ou empresa química.

Cristalizam-se as seis substâncias e medem-se os respectivos pontos de fusão.

As amostras são depois guardadas num frigorífico.

Noutro laboratório, produz-se em grandes quantidades uma dessas substâncias, escolhida aleatoriamente, cristalizando-a repetidamente.

Isto deverá provocar um aumento do ponto de fusão desse composto específico, mas não dos restantes cinco.

No primeiro laboratório, voltam então a medir-se os pontos de fusão das seis amostras.

O ponto de fusão da amostra experimental aumentou?

Os pontos de fusão das outras cinco amostras permaneceram inalterados?

3. Transformações Cristalinas

Muitas substâncias químicas apresentam mais do que uma forma cristalina.

Os exemplos mais conhecidos são as formas alternativas dos elementos químicos, designadas **alótropos**.

A grafite e o diamante são formas cristalinas do carbono.

Na grafite, os átomos encontram-se ligados numa rede hexagonal; no diamante, numa rede tetraédrica.

A grafite pode ser transformada em diamante através de altas temperaturas e pressões, método utilizado para produzir diamantes artificiais.

O estanho possui um alótropo cinzento, com uma estrutura cristalina cúbica e sem propriedades metálicas.

Quando aquecido acima de 13,2 °C, transforma-se em estanho branco, que é metálico e possui uma estrutura reticular tetragonal.

Outros elementos com formas cristalinas alotrópicas incluem o enxofre, o fósforo e o plutónio.

Os cristais de muitos sais e moléculas também existem sob formas alternativas, designadas **polimorfos**, e não alótropos.

Por exemplo, o carbonato de cálcio ocorre nas rochas sob a forma de calcite ou aragonite.

A aragonite é mais solúvel e ocorre como pequenos cristais no interior dos basaltos, bem como nas conchas dos moluscos.

A calcite encontra-se em rochas sedimentares, como o calcário, em cristais de espato-da-Islândia e nas conchas de bivalves como as ostras.

A aragonite transforma-se em calcite quando aquecida até 470 °C.

O nitrato de potássio também existe sob duas formas alternativas semelhantes à calcite e à aragonite.

A forma do tipo aragonite transforma-se na forma do tipo calcite a 127,5 °C.

A transição foi estudada pormenorizadamente em monocristais aquecidos lentamente e depois arrefecidos, enquanto eram continuamente observados através da luz refletida pelos cristais: os diferentes polimorfos possuem padrões de reflexão distintos.

Os cristais do tipo aragonite demoraram vários minutos, imediatamente acima da temperatura de transição, a transformarem-se em calcite.

Quando os cristais de calcite foram novamente arrefecidos, a estrutura original do tipo aragonite foi restaurada ao fim de poucos minutos, com um grau surpreendente de pormenor.

Os átomos voltaram a alinhar-se da mesma maneira que no cristal original, levando os investigadores a concluir que existia um «efeito de memória».¹¹

As transformações entre polimorfos ocorrem também em muitos cristais de substâncias químicas orgânicas.

Por exemplo, um composto contendo enxofre, denominado perclorato de N-metil-1-tia-5-azoniaciclooctano-1-óxido — NMTAOP —, possui dois polimorfos, alfa e beta, com uma temperatura de transição de 17 °C.

Em estudos realizados com monocristais, quando a forma alfa era aquecida alguns graus acima de 17 °C, transformava-se na forma beta ao fim de poucos minutos, conforme indicado pelas propriedades óticas dos cristais.

A transformação inversa ocorria quando a forma beta era arrefecida até 14 °C, mas demorava vários dias a completar-se.

Este ciclo de transformações podia ser repetido indefinidamente.¹²

Tal como a cristalização de determinado composto a partir de uma solução deverá ocorrer com maior facilidade quanto maior for o número de vezes que esse processo é repetido — como foi discutido na Secção 6 Cap.5 —, também a transformação de um

polimorfo noutro deverá ocorrer mais facilmente quanto mais vezes esse polimorfo tiver sido formado.

Assim, as transformações cristalinas poderão proporcionar uma forma de testar a ressonância mórfica.

As transformações terão de ser monitorizadas continuamente, quer através das propriedades óticas — como nos exemplos do nitrato de potássio e do NMTAOP —, quer através de outros meios.

Alguns cristais mudam de cor durante a transformação; noutros casos, alteram-se as suas propriedades elétricas ou magnéticas.¹³

As transformações podem ser provocadas através do aquecimento ou arrefecimento, da aplicação de elevadas pressões ou da combinação destes fatores.

Em condições padronizadas, as transformações ocorrem mais rapidamente à medida que determinado polimorfo novo é repetidamente produzido?

Tal como no caso dos pontos de fusão, é importante escolher compostos sintéticos para este estudo.

Não seria de esperar que a velocidade das transformações de polimorfos naturais, como a calcite e a aragonite, se alterasse, pois estes existem na natureza há milhões de anos.

Transformações sob elevadas pressões e temperaturas terão ocorrido frequentemente no interior da crosta terrestre através de processos geológicos.

Felizmente, existem muitos compostos orgânicos sintéticos que, tanto quanto sabemos, nunca existiram na natureza e cujos polimorfos possuem uma origem recente.

4. Adaptações em Culturas Celulares

As células vegetais e animais podem ser cultivadas fora dos organismos de onde provêm, e algumas podem ser propagadas durante anos em culturas celulares mantidas em recipientes laboratoriais de vidro.

Através da ressonância mórfica, caso algumas células de determinada cultura se adaptem a um novo desafio, células semelhantes deverão conseguir adaptar-se mais rapidamente ao mesmo desafio, mesmo quando se encontram separadas.

Já existem indícios de que poderá ocorrer um efeito deste tipo.

Miroslav Hill, biólogo celular, realizou uma descoberta extremamente surpreendente na década de 1980, quando era diretor de investigação no *Centre National de la Recherche Scientifique*, em Villejuif, França.

As células pareciam influenciar à distância outras células semelhantes.

Hill e os seus colegas trabalhavam com culturas celulares derivadas de hamsters.

Procuravam encontrar células mutantes resistentes à tioguanina, uma substância tóxica.

O procedimento convencional consistia em expor as células ao veneno e verificar se alguma sobrevivia devido a mutações aleatórias raras que lhe permitissem resistir.

Nenhuma sobreviveu.

Nesta fase, o procedimento habitual teria sido expor as células a substâncias químicas mutagénicas para aumentar o número de mutações aleatórias e tentar novamente.

O pressuposto convencional é que as mutações ocorrem aleatoriamente e nada têm a ver com a adaptação ao ambiente.

Em vez disso, o grupo de Hill decidiu seguir um truque utilizado pelos técnicos de laboratório, mas não mencionado nos manuais laboratoriais oficiais.

Em vez de testarem simultaneamente um elevado número de células para encontrar mutantes raros resistentes ao ataque, os técnicos testavam gerações sucessivas de células.

A intervalos regulares, subcultivavam rotineiramente as células, retirando as que cresciam mais rapidamente e colocando algumas delas num meio de cultura fresco.

Este processo é chamado **passagem**.

No momento de cada passagem, colocavam também algumas células sobre células moribundas em frascos que continham a substância tóxica.

Mais cedo ou mais tarde, começavam a surgir células resistentes.

Hill e os seus colegas decidiram procurar resistência à tioguanina através de um método de «ensaio em série», que diferia do procedimento dos técnicos porque, em cada passagem, eram utilizados frascos novos contendo meio tóxico.

As células de hamster eram cultivadas num meio normal e, enquanto ainda cresciam, eram divididas em duas amostras.

Uma era colocada num meio de cultura fresco para poder continuar a crescer.

A outra era colocada num novo frasco contendo o meio tóxico.

Assim, em cada passagem, algumas células eram testadas quanto à resistência à tioguanina, enquanto as restantes continuavam a crescer normalmente (Fig. A.2).

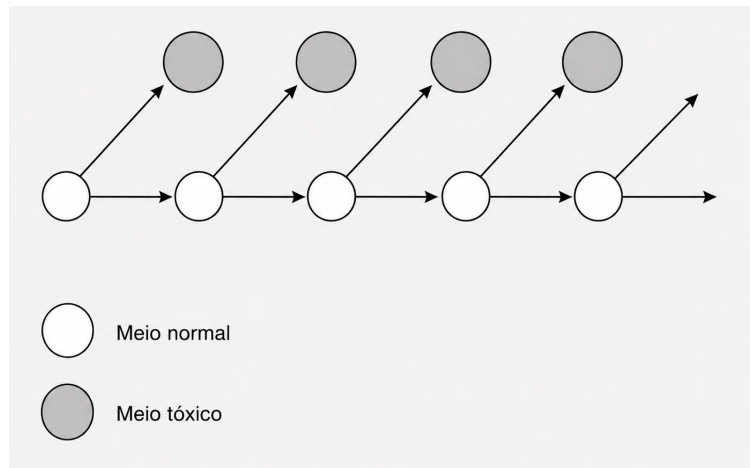


Figura A.2 — Técnica de ensaio em série de Miroslav Hill. Em cada passagem, algumas células eram transferidas para o meio tóxico e outras para o meio normal.

Inicialmente, todas as células colocadas no meio de ensaio com tioguanina morriam.

Contudo, depois de várias passagens, algumas células tornaram-se capazes de sobreviver no meio tóxico.

Tinham sofrido uma mutação.

Na passagem seguinte, um número ainda maior de células sobreviveu à toxina.

A taxa de mutação estava a aumentar.

Os descendentes destas células também conseguiam crescer no meio de ensaio tóxico: herdavam esta resistência.¹⁴

Hill e os seus colegas realizaram outra experiência para verificar se o mesmo processo poderia ser repetido com uma substância tóxica diferente, a etionina, que nunca fora anteriormente utilizada em estudos de toxicidade com células de hamster.

Durante as primeiras trinta passagens, realizadas ao longo de quinze semanas, todas as células expostas à etionina morreram.

As passagens subsequentes foram caracterizadas pelo aparecimento súbito de mutantes. Estes tornaram-se progressivamente mais frequentes de passagem para passagem...

Assim, os mutantes resistentes à etionina surgiram em culturas que cresciam sem seleção e apareceram, nessas culturas em crescimento, em resposta a um ataque de etionina sobre células existentes em culturas paralelas e fisicamente separadas.¹⁵

As células resistentes à etionina deram origem a descendentes que herdaram a sua resistência.

A equipa de Hill investigou depois se as mesmas técnicas permitiriam às células de hamster adaptarem-se a temperaturas elevadas.

As células eram cultivadas, como habitualmente, a 37 °C.

Em cada passagem, era retirada uma amostra e testada quanto à sua capacidade de crescimento a 40,6 °C.

As células da primeira amostra morreram ao fim de três dias.

Na segunda, sobreviveram a uma crise profunda e deram origem a onze colónias.

Na terceira, estabeleceram-se depois de uma crise quase impercetível.

Estas células passaram então a crescer continuamente, como linhagem celular, a 40,6 °C.

Numa segunda fase da experiência, esta linhagem celular foi mantida a crescer a 40,6 °C.

Em cada passagem, retiravam-se amostras que eram testadas a 41,3 °C.

Durante 31 passagens, nenhuma célula sobreviveu a esta temperatura mais elevada.

Depois, começaram a aparecer pequenas quantidades de células tolerantes, que se tornaram progressivamente mais frequentes e, por fim, muito numerosas.

A partir daí, esta nova linhagem pôde ser cultivada indefinidamente a 41,3 °C.

Em experiências posteriores, a equipa de Hill conseguiu estabelecer uma linhagem capaz de crescer a uma temperatura ainda mais elevada, 42 °C, mas não conseguiu ultrapassá-la.

Hill concluiu que «as células possuem maior probabilidade de sobreviver a um ataque caso os seus parentes próximos já tenham experienciado um ataque semelhante».

Defendeu que isto demonstrava a existência de «um fluxo adicional de informação, não mediado pelo ADN, que poderá ser designado informação adaptativa».

Como seria esta informação adaptativa transmitida aos parentes próximos?

Hill sugeriu que isso ocorria porque algumas das células atacadas e algumas das células da cultura normal eram irmãs, separadas na passagem mais recente.

Como descendiam da mesma célula-mãe, estariam «emaranhadas» no sentido utilizado pela física quântica.

Segundo a teoria quântica, os sistemas que fizeram parte do mesmo sistema no passado permanecem ligados, mesmo quando se encontram separados por quilómetros.

Uma alteração num deles é imediatamente acompanhada por uma alteração no outro, fenómeno que Albert Einstein descreveu como uma «ação fantasmagórica à distância».

Existem sólidos indícios experimentais de que o emaranhamento — também conhecido como não-localidade quântica ou não separabilidade quântica — ocorre realmente.

Hill sugeriu que as células irmãs não são apenas análogas a sistemas quânticos emaranhados, mas são efetivamente sistemas desse tipo.

Hill propôs que algumas células que lutavam pela sobrevivência se adaptavam de modo a resistir à substância tóxica e que as células irmãs emaranhadas sofriam uma adaptação semelhante, embora não estivessem expostas à toxina.

Alguns descendentes destas células irmãs não expostas eram transferidos, na passagem seguinte, para as condições de ensaio.

Quando eram atacados, já possuíam resistência.

Deste modo, de passagem para passagem, a proporção de células resistentes aumentava entre as células que cresciam em condições normais (Fig. A.3a).

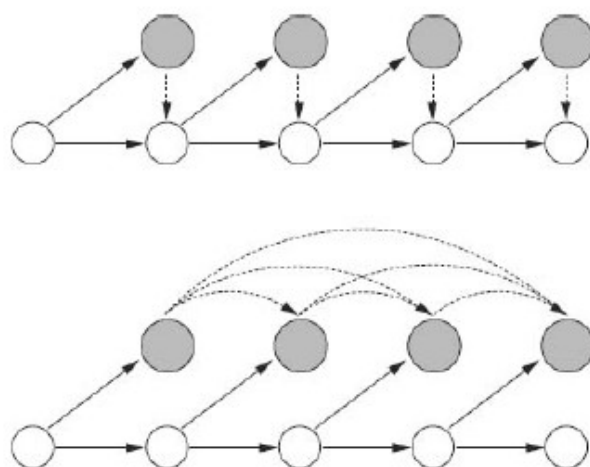


Figura A.3 — Em cima: interpretação do efeito Hill através do «emaranhamento». As células adaptadas existentes no meio tóxico afetam, através do emaranhamento, as suas células irmãs no meio normal — linhas pontilhadas. Em baixo: interpretação do efeito Hill através da ressonância mórfica. As células adaptadas existentes no meio tóxico influenciam, através da ressonância mórfica, células posteriores no meio tóxico — linhas curvas pontilhadas.

A hipótese da ressonância mórfica proporciona uma interpretação alternativa.

Algumas células atacadas poderão sofrer alterações adaptativas, como Hill sugere.

As células atualmente sob ataque sintonizam-se então com essa adaptação através da ressonância mórfica proveniente das células atacadas anteriormente.

A proposta de Hill envolve uma transmissão de informação adaptativa através do espaço, das células irmãs atacadas para as células irmãs existentes na cultura normal.

A ressonância mórfica envolve a transmissão de informação adaptativa através do tempo, das células atacadas no passado para as células atacadas no presente (Fig. A.3b).

Estas interpretações fazem previsões diferentes que podem ser testadas experimentalmente.

Poderiam utilizar-se células de ratinho em vez de células de hamster, evitando assim qualquer ressonância mórfica proveniente das experiências anteriores de Hill.

Duas linhagens celulares, A e B, seriam derivadas de uma cultura ancestral comum.

A linhagem A seria simplesmente transferida, passagem após passagem, para um novo meio normal, sem que qualquer amostra fosse submetida a ataque.

A linhagem B seria subcultivada de acordo com o procedimento de ensaio em série de Hill, colocando-se algumas células sob ataque em cada passagem (Fig. A.4).

Suponha-se que as células resistentes da linhagem B surgem na quinta passagem.

A hipótese do emaranhamento prevê que a adaptação deverá aumentar nas células normais da linhagem B, mas não nas células da linhagem A.

A partir da quinta passagem, a linhagem A seria então subcultivada, em cada passagem, segundo o procedimento de Hill, sendo as subculturas sujeitas ao mesmo ataque que as da linhagem B (Fig. A.4).

A hipótese do emaranhamento sugere que decorreriam aproximadamente cinco passagens antes de as células atacadas começarem a desenvolver resistência, tal como anteriormente.

A hipótese da ressonância mórfica, porém, sugere que a resistência deverá começar a surgir ao fim de apenas uma ou duas passagens, devido à ressonância mórfica proveniente das células da linhagem B.

5. Tolerância ao Calor nas Plantas

Os animais e as plantas adaptam-se frequentemente às alterações do ambiente.

Por exemplo, os seres humanos que se deslocam para grandes altitudes aclimatam-se através de várias respostas fisiológicas, incluindo a produção de um maior número de glóbulos vermelhos.

As ovelhas transferidas para climas frios e húmidos desenvolvem lã mais espessa.

As plantas transferidas para novos climas ajustam a sua fisiologia e os seus hábitos de crescimento.

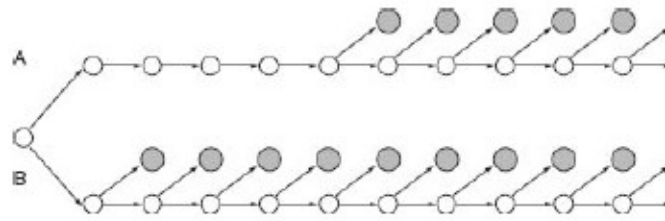


Figura A.4 — Experiência destinada a distinguir os efeitos do emaranhamento dos efeitos da ressonância mórfica na adaptação das células a um meio tóxico.

Em baixo: em passagens sucessivas, as células da linhagem B são colocadas num meio tóxico. Depois de, por exemplo, cinco passagens, começam a aparecer células adaptadas, e a proporção destas aumenta nas passagens posteriores.

Em cima: o procedimento de ensaio em série começa depois de cinco passagens na linhagem A. Caso esteja a atuar apenas o emaranhamento, as células adaptadas só deverão aparecer no meio tóxico ao fim de aproximadamente cinco passagens; caso esteja a atuar a ressonância mórfica, deverão aparecer quase imediatamente.

Os jardineiros estão familiarizados com estas alterações e sabem que as plantas cultivadas em estufas poderão precisar de ser **aclimatadas gradualmente** para conseguirem sobreviver ao ar livre.

As plantas são transferidas para uma estrutura protegida e progressivamente expostas às condições exteriores durante o dia e, posteriormente, durante a noite, antes de serem plantadas ao ar livre.

Este processo poderá demorar duas ou três semanas.

Ocorrem várias alterações bioquímicas no interior das plantas, que frequentemente desenvolvem revestimentos cerosos mais espessos nas folhas.

Em condições naturais, as plantas passam por um processo de endurecimento ao frio no início do inverno, à medida que as temperaturas descem, o que as ajuda a resistir aos danos provocados pela geada, que mata as plantas não aclimatadas.

Quando são introduzidas em novos ambientes por jardineiros ou agricultores, as plantas poderão continuar a adaptar-se durante várias gerações.

Charles Darwin estava convencido de que os novos hábitos adquiridos pelas plantas durante a aclimação eram herdados.

Isto aconteceria, por exemplo, quando variedades de cereais semeadas na primavera eram plantadas no outono e se transformavam em variedades de inverno:

Na transformação recíproca do trigo, da cevada e das ervilhacas de verão e de inverno uns nos outros, o hábito produz um efeito acentuado ao longo de um número muito reduzido de gerações.

A mesma coisa parece acontecer com as variedades de milho que, quando são transportadas dos estados meridionais da América para a Alemanha, depressa se habitua aos seus novos ambientes.¹⁶

Trofim Lysenko e os seus colegas da União Soviética continuaram a estudar a interconversão das variedades de trigo de inverno e de primavera.

Aplicaram estes princípios em larga escala à agricultura soviética, com algum êxito.

Contudo, o tema tornou-se intensamente politizado, e os neodarwinistas ocidentais denunciaram como fraudulentas as conclusões dos investigadores soviéticos.¹⁷

A hereditariedade dos hábitos adaptativos é proibida pelo neodarwinismo: apenas os genes podem ser herdados.

Darwin não era neodarwinista.

No seu livro *The Variation of Animals and Plants Under Domestication* (*A variação de animais e plantas sob domesticação*), reuniu indícios impressionantes favoráveis à hereditariedade dos caracteres adquiridos.

Considerava que os hábitos hereditários desempenhavam um papel importante na evolução, juntamente com a variação espontânea e a seleção natural:

Não precisamos... de duvidar de que, na natureza, novas raças e novas espécies se adaptariam a climas muito diferentes através da variação, auxiliada pelo hábito e regulada pela seleção natural.¹⁸

A ressonância mórfica proporciona um meio através do qual os hábitos podem ser herdados e encontra-se de acordo com as próprias ideias de Darwin.

Contudo, por mais que concorde com Darwin, continua a ser apenas uma hipótese.

Desempenhará realmente algum papel na adaptação das plantas a novas condições?

Proponho um teste simples no qual plantas de uma linhagem endogâmica — por exemplo, uma variedade padronizada de ervilheira — seriam cultivadas a partir de sementes, num ambiente controlado, sob temperaturas elevadas próximas do limite letal.

Registrar-se-ia a proporção de plantas sobreviventes.

O mesmo procedimento seria repetido muitas vezes.

A proporção de plantas sobreviventes deveria aumentar devido à ressonância mórfica proveniente das que se adaptaram com êxito nos ensaios anteriores.

Esta experiência poderia ser realizada com duas linhagens paralelas.

Na linhagem C, as plantas seriam cultivadas a partir da população original de sementes, pelo que não existiria qualquer

possibilidade de transmissão genética das alterações adaptativas (Fig. A.5, em cima).

Qualquer aumento da adaptação ao longo do tempo resultaria da ressonância mórfica.

Na linhagem D, as sementes seriam retiradas das plantas que sobrevivessem às temperaturas elevadas e utilizadas para cultivar a geração seguinte (Fig. A.5, em baixo).

Nesta linhagem, qualquer aumento da adaptação entre gerações resultaria de uma combinação da ressonância mórfica com a hereditariedade epigenética.

A hereditariedade epigenética só começou a ser reconhecida depois da viragem do milénio e proporciona uma base legitimamente mecanicista para a hereditariedade dos caracteres adquiridos.

Agora que existe uma explicação mecanicista, o tabu contra a hereditariedade dos caracteres adquiridos foi levantado (Secção 7 Cap.7).

Os indícios favoráveis à hereditariedade de caracteres adquiridos que anteriormente eram considerados anómalos, rejeitados ou ignorados foram reabilitados.¹⁹

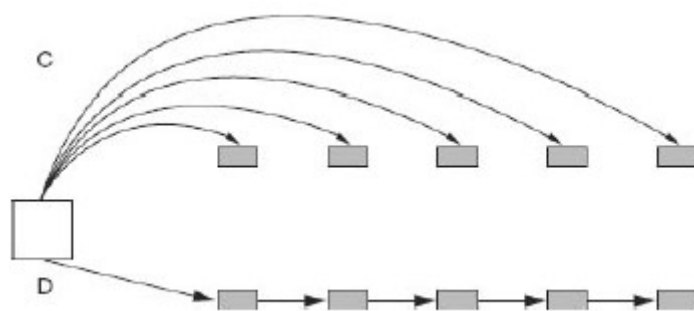


Figura A.5 — Experiência sobre a tolerância ao calor nas plantas.

Em cima: sementes de uma variedade endogâmica são cultivadas sob temperaturas elevadas em ensaios sucessivos. Caso a ressonância mórfica esteja a atuar, deverão apresentar uma adaptação progressivamente maior nos ensaios subsequentes.

Em baixo: sementes retiradas de plantas adaptadas ao calor são utilizadas no ensaio seguinte. O aumento da adaptação ao calor nas gerações sucessivas poderá resultar de uma combinação da hereditariedade epigenética com a ressonância mórfica.

Caso a adaptação ao calor produza efeitos epigenéticos hereditários, os descendentes das plantas adaptadas tolerarão temperaturas elevadas melhor do que as plantas cultivadas a partir do lote original de sementes (Fig. A.5).

A hereditariedade epigenética não só transmitirá os padrões de ativação e inativação dos genes, como tornará simultaneamente os descendentes das plantas adaptadas mais semelhantes às plantas adaptadas anteriores e, por conseguinte, mais fortemente influenciados pela ressonância mórfica proveniente delas.

Quaisquer melhorias na adaptação das plantas da linhagem D resultariam tanto da hereditariedade epigenética direta como do aumento da ressonância mórfica.

A expectativa convencional seria a de que a linhagem C não apresentasse qualquer alteração.

A hipótese da causalidade formativa prevê que tanto a linhagem C como a D apresentem uma tolerância progressivamente maior ao calor nos ensaios sucessivos, embora este efeito seja mais acentuado na linhagem D.

6. A Transmissão da Aversão

A aversão condicionada é uma forma rápida e duradoura de aprendizagem.

Os animais evitam comer algo que os tenha feito adoecer.

Caso uma pessoa ingira um tipo de alimento novo e adoça pouco depois, provavelmente passará a evitá-lo.

A aversão condicionada ocorre também nos invertebrados.

As suas vantagens evolutivas são evidentes: ajuda os animais a evitar alimentos prejudiciais e, conseqüentemente, aumenta as suas probabilidades de sobrevivência.

A aversão condicionada encontra-se associada ao tronco cerebral, a região do cérebro que ajuda a controlar o intestino, a secreção dos sucos gástricos e o vômito.

A aprendizagem neste nível ocorre inconscientemente.

Caso uma doente oncológica receba quimioterapia que lhe provoque náuseas e coma alguma coisa imediatamente antes do início do mal-estar, provavelmente considerará o cheiro desse alimento nauseante durante o resto da vida, embora saiba que foi o tratamento contra o cancro — e não o alimento — que lhe provocou o mal-estar.

A aversão condicionada sobrepõe-se à compreensão consciente.

Poderá a aversão condicionada ser transmitida através da ressonância mórfica?

Caso animais de determinado tipo desenvolvam aversão a um alimento prejudicial, tenderão os animais do mesmo tipo a evitar esse alimento em resultado da ressonância mórfica proveniente de animais semelhantes que já desenvolveram essa aversão?

Algumas experiências preliminares sugerem que isto poderá acontecer.

Em 1988, escrevi um artigo acerca da ressonância mórfica no *Guardian*, um jornal britânico.

Pouco depois, o mesmo jornal publicou uma resposta de Steven Rose, neurocientista, que me desafiou a testar «esta hipótese aparentemente absurda» no seu laboratório da Open University.

Rose era conhecido na Grã-Bretanha pelas suas fortes posições políticas — era marxista — e pelo seu vigoroso estilo polémico.

Aceitei o desafio e angariei o financiamento necessário para que os testes fossem realizados por uma estudante, Amanda Harrison, no laboratório de Rose.

Trabalhou sob a supervisão deste e não foi informada sobre a hipótese que estava a ser testada.

Naquela época, Rose estudava as alterações que ocorriam no cérebro de pintos com um dia de idade em resultado da aversão condicionada.

Os pintos bicam instintivamente pequenos objetos brilhantes existentes no ambiente.

O procedimento habitual de Rose consistia em expor os pintos a um estímulo experimental — por exemplo, um pequeno díodo emissor de luz, ou LED, verde.

Pouco depois de os pintos o bicarem, eram ligeiramente indispostos através de uma injeção de cloreto de lítio.

Em resultado disso, desenvolviam aversão a voltar a bicar o mesmo tipo de objeto.

Os pintos de controlo eram expostos a um estímulo de controlo — por exemplo, uma pequena esfera cromada.

Depois de bicarem a esfera cromada, recebiam uma injeção de solução salina inofensiva e não desenvolviam qualquer aversão.

Esta forma de aprendizagem diferia da aversão gustativa condicionada porque envolvia um estímulo visual.

Contudo, tal como a aversão gustativa, proporcionava uma forma rápida de aprendizagem que necessitava de apenas um ensaio.

Rose e eu concebemos uma experiência com um novo estímulo, um LED amarelo nunca anteriormente utilizado em experiências deste tipo, para evitar qualquer influência residual da ressonância mórfica proveniente de experiências anteriores de aversão realizadas com LEDs verdes.

Verificámos, de facto, que os pintos bicavam o LED amarelo muito mais rapidamente do que o verde.

O atraso médio antes de bicarem o LED amarelo era de 4,1 segundos, em comparação com 19 segundos no caso do verde.²⁰

Como estímulo de controlo, utilizámos uma esfera cromada.

Todos os dias, durante 37 dias, os mesmos testes foram realizados com novos grupos de pintos de um dia.

Metade de cada grupo, selecionada aleatoriamente, era testada com o LED amarelo; a outra metade, com a esfera cromada.

Os pintos expostos ao LED amarelo eram depois ligeiramente indispostos.

Três horas mais tarde, voltavam a ser testados e eram expostos tanto ao LED amarelo como à esfera cromada.

A maioria evitava bicar o LED amarelo, mas não apresentava aversão à esfera cromada.

Os pintos de controlo que tinham bicado a esfera cromada recebiam uma injeção de solução salina.

Três horas mais tarde, também eram testados com a esfera cromada e o LED amarelo.

Previ que, caso a ressonância mórfica estivesse a atuar, os grupos sucessivos de pintos de um dia deveriam apresentar uma aversão progressivamente maior ao LED amarelo logo na primeira exposição.

Não seria de esperar qualquer aversão semelhante à esfera cromada por parte dos pintos de controlo.

Rose previu que não ocorreria qualquer aumento da aversão, nem entre os pintos de controlo nem entre os experimentais.

O que mostraram os dados?

Em primeiro lugar, verificou-se um efeito que nenhum de nós previra, embora, retrospectivamente, devêssemos tê-lo antecipado.

A estudante que realizava os testes nunca trabalhara anteriormente com pintos e demorou aproximadamente uma semana a aprender a manipulá-los e a executar corretamente os testes.

Os dados dos primeiros dias mostravam um grande efeito de aprendizagem — não por parte dos pintos, mas da estudante.

A partir daí, depois de ela ter aprendido as técnicas, surgiu um padrão consistente.

Relativamente aos controlos, os pintos experimentais expostos pela primeira vez ao LED amarelo tornaram-se progressivamente mais avessos a bicá-lo (Fig. A.6).

Este efeito era estatisticamente significativo.

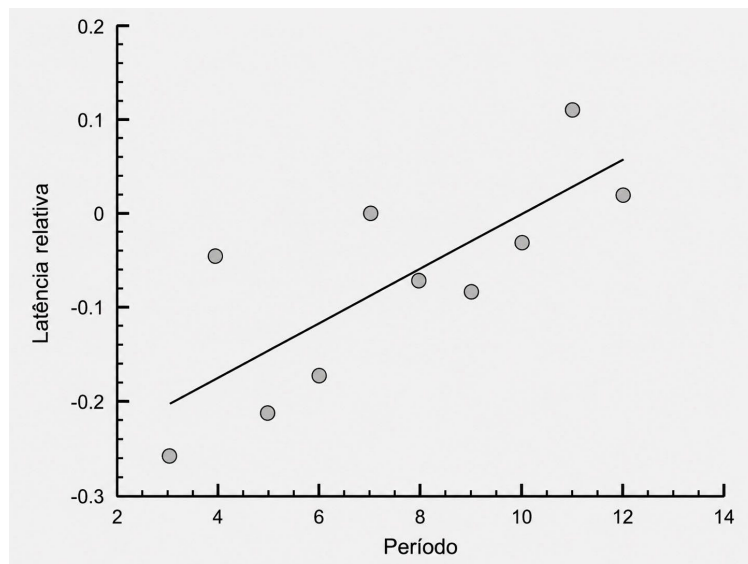
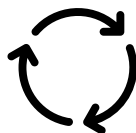


Figura A.6 — Experiência de aversão condicionada realizada com pintos de um dia. Os pintos «experimentais» foram expostos a um díodo emissor de luz amarelo — LED — e os pintos de controlo a uma esfera cromada. Verificou-se, em períodos sucessivos de três dias, um aumento do atraso antes de bicarem o LED relativamente ao estímulo de controlo. A medida desse atraso, ou «latência», correspondia à proporção de pintos que não bicavam o estímulo no espaço de dez segundos. (Dados de Sheldrake, 1992.)

Na minha perspetiva, os dados eram compatíveis com a atuação da ressonância mórfica.

Na perspetiva de Rose, não eram.²¹



Talvez a melhor oportunidade para investigações futuras sobre a transmissão da aversão se encontre nos ratos.

A aversão condicionada constitui um problema prático importante para a indústria do controlo de roedores.

Caso os ratos recebam um isco misturado com uma substância tóxica de ação rápida, o veneno mata inicialmente alguns deles, mas os restantes depressa começam a evitá-lo.

Tornam-se rapidamente «desconfiados do isco».

Por esta razão, os venenos para ratos mais eficazes possuem uma ação lenta, como a varfarina, que não provoca mal-estar pouco depois de ser ingerida.

A varfarina, cuja utilização como rodenticida foi autorizada pela primeira vez em 1952, é um anticoagulante e atua lentamente porque mata os ratos através de hemorragias internas.

Alguns acabam por morrer devido às hemorragias provocadas pelas mordeduras de outros ratos.

Depois de a varfarina ter sido utilizada durante cerca de dez anos, começaram a aparecer linhagens resistentes de ratos na Grã-Bretanha e, posteriormente, noutras regiões da Europa, nos Estados Unidos e na Ásia.

Na década de 1970, os fabricantes de venenos responderam ao desafio produzindo uma segunda geração de rodenticidas, as chamadas «supervarfarinas», como o brodifacume.

A resistência a estes novos agentes tóxicos encontra-se atualmente a aumentar em todo o mundo.²²

Quando os venenos anticoagulantes não conseguem erradicar todos os ratos de determinada infestação, os profissionais do controlo de pragas regressam geralmente à utilização de um antigo veneno de ação rápida, como o fosforeto de zinco.

Como os ratos desenvolvem rapidamente desconfiança em relação ao isco, utiliza-se uma técnica denominada **pré-iscagem**.

Os ratos recebem um alimento atrativo que não contém veneno e, quando já se habituaram a ele, acrescenta-se fosforeto de zinco.

Deixam então de agir cautelosamente e ingerem uma quantidade suficiente para morrer.

Sem a pré-iscagem, os ratos individuais poderão comer apenas uma pequena quantidade do isco envenenado.

Adoecem, mas recuperam, passando depois a evitar o isco devido à aversão gustativa condicionada.

Os ratos são animais sociais, e os indivíduos que desenvolveram aversão ao isco comunicam-na a outros membros do grupo através da «aprendizagem social».

Uma das componentes da aprendizagem social é a imitação, sobretudo a imitação dos progenitores pelas crias.

Outra consiste em cheirar o hálito dos restantes membros da colónia, o que permite aos ratos saber o que estes estiveram a comer.

A ressonância mórfica poderá também desempenhar um papel importante na aprendizagem social.

Contudo, à medida que a aversão ao isco se propagasse no interior da colónia, seria impossível distinguir as contribuições relativas da ressonância mórfica e das outras formas de transmissão de informação.

Para testar a ressonância mórfica, seria necessário comparar o comportamento de colónias separadas por vários quilómetros.

Considere-se o seguinte modelo experimental simples.

Dois novos tipos de alimento, G e H, receberiam sabores invulgares que os ratos provavelmente nunca teriam encontrado.

Selecionar-se-iam dez colónias para a experiência, localizadas a vários quilómetros umas das outras.

Cinco destas colónias seriam escolhidas aleatoriamente, disponibilizando-se-lhes os alimentos G e H.

Registrar-se-iam as quantidades que os ratos consumiam de cada um.

Em seguida, um dos alimentos seria selecionado aleatoriamente — por exemplo, G — e envenenado com doses reduzidas de fosforeto de zinco.

Os ratos desenvolveriam aversão ao isco e começariam a evitar G.

Os ratos das restantes cinco colónias receberiam então G e H sem veneno.

Caso a ressonância mórfica esteja a atuar, deverão apresentar uma tendência para evitar G, mas não H.

Poderiam realizar-se experiências semelhantes, em condições mais controladas, com colónias de ratos ou ratinhos em cativeiro.

Contudo, para reduzir ao mínimo o sofrimento desnecessário, seria preferível efetuar estas experiências em situações nas quais os animais fossem ser envenenados de qualquer modo.

7. A Evolução do Comportamento Animal

Em *The Presence of the Past (A Presença do Passado)*, descrevi a propagação de um novo padrão comportamental sugestivo da atuação da ressonância mórfica: o roubo de nata por chapins-azuis.

Na Grã-Bretanha, eram — e ainda são — entregues diariamente garrafas de leite fresco à porta das casas, exceto aos domingos.

Na década de 1920, os chapins-azuis e várias espécies aparentadas começaram a roubar a nata, removendo as tampas das garrafas e bebendo a camada superior.

O primeiro registo deste hábito ocorreu em Southampton, em 1921.

A sua propagação por toda a Grã-Bretanha foi acompanhada por observadores amadores de aves entre 1930 e 1947.

As principais espécies que roubavam nata eram o chapim-azul, o chapim-real e o chapim-carvoeiro.

Depois de o roubo de nata ser descoberto em determinado local, propagava-se localmente através da imitação.

Os chapins não costumam afastar-se mais do que alguns quilómetros dos locais onde nidificam.

Por conseguinte, o aparecimento deste hábito em lugares separados por mais de 25 quilómetros terá provavelmente representado novas descobertas feitas por aves individuais.

Uma análise pormenorizada dos registos realizada por cientistas da Universidade de Cambridge mostrou que o roubo de nata terá sido descoberto de forma independente pelo menos 89 vezes nas Ilhas Britânicas.

A propagação do hábito acelerou com o passar do tempo.²³

Este hábito apareceu também na Europa continental, sobretudo na Suécia, Dinamarca e Holanda.

Os registos neerlandeses são particularmente interessantes.

As entregas de leite foram interrompidas durante a Segunda Guerra Mundial e retomadas em 1947.

Os chapins vivem apenas alguns anos, pelo que provavelmente nenhuma das aves que aprendera este hábito antes da guerra teria sobrevivido até essa data.

Apesar disso, os ataques às garrafas de leite recomeçaram rapidamente.

Parecia certo que o hábito tinha sido iniciado em muitos lugares diferentes por numerosos indivíduos.²⁴

A propósito, o roubo de nata parece estar atualmente a desaparecer.

No final da década de 1980, os chapins atacavam regularmente as garrafas de leite entregues na casa da minha família, em Londres.

No início da década de 1990, tal como muitas outras pessoas, passámos do leite gordo para o meio-gordo, e os ataques depressa cessaram.

Há mais de dez anos que não vejo uma garrafa de leite atacada por chapins, embora continuem a existir muitas destas aves na vizinhança.

Parece que desistiram, agora que existe tão pouca nata para roubar.

Vários outros exemplos da rápida evolução de novos padrões comportamentais sugerem que a ressonância mórfica poderá ter desempenhado algum papel.

Segundo Roy Bedechek, um eminente naturalista do Texas, quando o arame farpado foi introduzido pela primeira vez, no final do século XIX, os cétricos previram que nunca seria adequado para cercar pastagens de cavalos.

Os cavalos lançavam-se diretamente contra o arame e:

cortavam a própria garganta, arrancavam grandes pedaços de carne do peito, enquanto feridas não fatais ou meros arranhões ficavam infestados por larvas de moscas.

Em 1947, Bedechek escreveu:

Lembro-me do tempo em que dificilmente se encontrava um cavalo nas regiões agrícolas ou pecuárias do Texas que não apresentasse cicatrizes provocadas por encontros com arame farpado.²⁵

No entanto, em meados do século XX, isto deixara de constituir um problema grave:

Em meio século, o cavalo aprendeu a evitar o arame farpado. Os potros raramente se precipitam contra ele. Toda a espécie aprendeu um novo medo.

Bedechek comentou também a alteração das reações dos cavalos aos automóveis:

Quando os automóveis apareceram pela primeira vez, o trânsito de veículos puxados por cavalos ficou desorganizado.

O automobilista mais atencioso saía da estrada e desligava imediatamente o motor assim que avistava uma parelha de cavalos.

Além disso, saía do automóvel e ajudava o condutor a conduzir os cavalos empinados e resfolegantes para além do veículo.

Muitos veículos ficaram destruídos e muitos pescoços foram partidos durante a apresentação do cavalo ao automóvel e o estabelecimento da sua tolerância em relação a ele.

Eram ruidosas as exigências de leis destinadas a manter os automóveis no seu devido lugar...

Atualmente, já não temos corridas descontroladas e potencialmente fatais sempre que uma parelha de cavalos encontra um automóvel.²⁶

Outro exemplo de evolução comportamental em animais de criação envolve as **grelhas para gado**, conhecidas nos Estados Unidos como *cattle guards*.

Estas consistem em fossos atravessados por uma série de tubos ou barras de aço paralelos.

Tornam fisicamente impossível que o gado as atravesse a pé e funcionam simultaneamente como portão e cerca: impedem a passagem dos animais, mas permitem que veículos e pessoas atravessem livremente.

As grelhas para gado foram inventadas nos Estados Unidos, no século XIX, para impedir os animais de vaguearem pelas linhas ferroviárias.

Começaram a ser utilizadas nas estradas norte-americanas por volta de 1905²⁷ e encontram-se atualmente muito difundidas em muitos outros países.

Quando foram introduzidas pela primeira vez, os animais poderão ter tido de aprender da maneira mais difícil que não conseguiam atravessá-las.

Atualmente, porém, já não parece ser necessário.

Os animais de criação evitam aparentemente estas grelhas de forma instintiva e nem sequer tentam atravessá-las.

Há várias décadas, os criadores de gado do oeste dos Estados Unidos descobriram que podiam poupar dinheiro utilizando grelhas falsas, constituídas apenas por faixas pintadas transversalmente na estrada.

As grelhas pintadas funcionavam porque os animais nem sequer tentavam atravessá-las.

Em resposta às minhas perguntas, vários criadores do oeste dos Estados Unidos disseram-me que não era necessário expor previamente as manadas a grelhas verdadeiras.

Os animais que nunca tinham visto uma grelha real evitavam também as falsas.

Quando o gado jovem se aproximava de uma grelha pintada, «travava com as quatro patas», como disse um dos criadores.

Correspondi-me com investigadores dos departamentos de Ciências Animais da Universidade Estadual do Colorado e da Universidade Agrícola e Mecânica do Texas — Texas A&M —, que confirmaram esta observação.

O professor Ted Friend, da Texas A&M, testou sistematicamente as reações de várias centenas de cabeças de gado a grelhas pintadas.

Verificou que os animais sem experiência anterior as evitavam tanto como os que já tinham sido expostos a grelhas verdadeiras.

As ovelhas e os cavalos apresentaram também uma aversão inata à travessia das grelhas pintadas.

Contudo, o efeito de uma grelha falsa podia ser quebrado.

Quando as vacas eram pressionadas a avançar ou quando se colocava alimento do outro lado, por vezes uma delas examinava atentamente as faixas e atravessava.

Quando um membro da manada o fazia, os restantes depressa o seguiam.

A partir daí, a grelha falsa deixava de funcionar como barreira.²⁸

Talvez as grelhas pintadas funcionem simplesmente por criarem a ilusão de uma depressão no terreno.

Nesse caso, deveriam ter funcionado desde o princípio e os criadores nunca teriam precisado de utilizar grelhas verdadeiras.

Seria interessante verificar se espécies selvagens nunca anteriormente expostas a grelhas para gado apresentam uma aversão comparável à sua travessia.

Seria também útil descobrir se o gado reage da mesma maneira a diversos padrões de faixas ou apenas àqueles que se assemelham a grelhas para gado.

Curiosamente, encontra-se atualmente em evolução uma nova resposta às grelhas para gado.

Em 1985, ovelhas das proximidades de Blaenau Ffestiniog, no País de Gales, começaram a fugir das pastagens rebolando por cima das grelhas.

O mesmo aconteceu com ovelhas na Suécia, nas proximidades de Malmöhus.

Um editorial do *Guardian*, publicado em 1985, comentou:

Tanto quanto sabemos, as ovelhas dos vales de Yorkshire — na sua maioria das raças Swaledale ou Dalesbred — ainda não dominaram a técnica de atravessar as grelhas para gado enrolando-se e rebolando sobre elas.

Contudo, as ovelhas de Blaenau Ffestiniog, que pertencem a uma raça diferente, aprenderam a fazê-lo — para irritação da população local, que poderá ter de instalar uma cerca —, tal como as ovelhas das terras baixas do sul da Suécia.

Entre as perguntas que imediatamente se levantam encontram-se estas: quanto tempo demorará até as Swaledale aprenderem e, quando o fizerem, estarão a demonstrar a teoria da causalidade formativa?²⁹

Doze anos mais tarde, as ovelhas começaram a atravessar grelhas para gado em Hampshire.

Inicialmente, utilizaram uma técnica «de comando»: uma delas deitava-se sobre a grelha enquanto as restantes passavam por cima do seu corpo.

Depois começaram a atravessar rebolando sobre as barras, tal como as ovelhas galesas.³⁰

Foi observado um comportamento semelhante na região suíça do Valais.³¹

Em 2004, dezanove anos depois de os editores do *Guardian* terem antecipado essa possibilidade, as ovelhas das charnecas de Yorkshire começaram a escapar rebolando sobre as grelhas e a alimentar-se nos jardins das aldeias próximas.³²

Os animais, tanto selvagens como domesticados, continuam a evoluir em resposta às alterações do ambiente provocadas pelos seres humanos.

O aparecimento de novos padrões comportamentais proporciona oportunidades para documentar a maneira como esses padrões se propagam.

O acompanhamento do roubo de nata na Grã-Bretanha por observadores amadores de aves, nas décadas de 1930 e 1940, constitui um bom precedente para investigações com ampla participação pública.

Estes estudos nunca poderão proporcionar dados tão inequívocos como as experiências laboratoriais.

Contudo, poderão lançar luz sobre o possível papel da ressonância mórfica na evolução, com implicações muito diferentes das da teoria neodarwinista.

8. Memória Humana Coletiva

Segundo a hipótese da ressonância mórfica, aquilo que muitas pessoas aprenderam no passado deverá ser mais fácil de aprender atualmente.

Todas as pessoas recorrem a uma memória humana coletiva e, por sua vez, contribuem para ela.

Em 1982, a revista britânica *New Scientist* organizou um concurso de ideias para testes de ressonância mórfica.

A proposta vencedora foi apresentada pelo psicólogo Richard Gentle e envolvia cantigas infantis turcas.

Gentle sugeriu que se pedisse a pessoas de língua inglesa que memorizassem duas cantigas curtas em turco.

Uma seria uma cantiga tradicional conhecida por milhões de turcos ao longo dos anos.

A outra seria uma nova cantiga criada através da reorganização das palavras da cantiga verdadeira.

Os participantes não seriam informados sobre qual era qual.

Depois de passarem períodos iguais a memorizar cada uma das cantigas, seriam testados para se descobrir qual delas recordavam melhor.

Caso a ressonância mórfica estivesse a atuar, a cantiga tradicional deveria ser mais fácil de memorizar do que a nova.

Este é um exemplo de um teste de **campo antigo**, no qual a aprendizagem de algo dotado de um campo mórfico estabelecido há muito tempo é comparada com a aprendizagem de algo novo.

Foram realizados muitos testes de campo antigo da ressonância mórfica.

A maioria produziu resultados positivos.

Retomei a sugestão de Gentle, mas utilizei cantigas infantis japonesas em vez de turcas.

Shuntaro Tanikawa, um importante poeta japonês, teve a gentileza de me fornecer uma cantiga verdadeira, conhecida por várias gerações de crianças japonesas, e outras duas especialmente compostas para se assemelharem à primeira na estrutura: uma dotada de significado e outra sem sentido.

Em testes realizados na Grã-Bretanha e nos Estados Unidos, as pessoas recordaram efetivamente a cantiga verdadeira de maneira significativamente melhor do que as outras.³³

Contudo, esta experiência levantou uma dificuldade aplicável a todos os testes de campo antigo.

Como podemos ter a certeza de que as novas cantigas com as quais se compara a antiga possuem uma estrutura intrínseca semelhante?

Talvez as verdadeiras cantigas infantis se tenham tornado populares precisamente por possuírem características que as tornavam mais fáceis de memorizar desde o princípio.

Embora um poeta possua maior probabilidade do que um amador de produzir novas cantigas comparáveis, é difícil saber se estas seriam intrinsecamente comparáveis às antigas na ausência de qualquer efeito de ressonância mórfica.

A maioria dos testes de campo antigo envolveu sistemas de escrita estrangeiros.

Gary Schwartz, professor de Psicologia na Universidade de Yale, realizou um dos primeiros.

A sua ideia era a de que as palavras comuns deveriam encontrar-se associadas a campos mórficos que facilitassem o seu reconhecimento.

Por exemplo, a palavra inglesa *cat* é reconhecida como um todo — uma Gestalt — e envolve um campo mórfico sustentado pela ressonância proveniente de milhões de leitores do passado.

Em contrapartida, um anagrama sem sentido formado pelas mesmas letras, como *tca*, não possui semelhante ressonância.

Schwartz raciocinou que as pessoas não familiarizadas com um sistema de escrita estrangeiro poderiam ter maior facilidade em reconhecer palavras verdadeiras nessa língua do que palavras falsas.

Schwartz selecionou 48 palavras de três letras do Antigo Testamento hebraico: 24 comuns e 24 raras.

Produziu depois um anagrama sem sentido de cada palavra, obtendo um total de 96 palavras.

Mais de noventa participantes que desconheciam o hebraico viram as palavras uma a uma, projetadas num ecrã segundo uma ordem aleatória.

Foi-lhes pedido que adivinhassem o significado de cada palavra, escrevendo a primeira palavra inglesa que lhes ocorresse.

Em seguida, avaliavam, numa escala de 0 a 4, a confiança que sentiam na sua resposta.

Não lhes foi explicado o objetivo da experiência nem que algumas das palavras tinham sido baralhadas.

O teste dependia inteiramente do padrão visual das palavras escritas.

Não envolvia ouvi-las nem tentar pronunciá-las.

Alguns participantes adivinharam efetivamente o significado correto de determinadas palavras hebraicas.

Schwartz excluiu-os da análise, considerando que poderiam possuir algum conhecimento de hebraico.

Examinou depois as respostas dos participantes que tinham sempre adivinhado significados incorretos.

Surpreendentemente, em média, sentiam maior confiança nas suas respostas quando observavam palavras verdadeiras do que palavras baralhadas, embora ignorassem que algumas eram reais e outras falsas.

O efeito era aproximadamente duas vezes mais intenso com as palavras comuns do que com as palavras verdadeiras raras.

Os resultados apresentavam uma significância estatística muito elevada.³⁴

Só depois de testar os participantes Schwartz lhes revelou que metade das palavras era verdadeira e a outra metade baralhada.

Mostrou-lhes novamente as palavras, uma a uma, pedindo-lhes que adivinhassem quais eram verdadeiras.

Os resultados não foram superiores aos do acaso.

Os participantes não conseguiam fazer conscientemente aquilo que já tinham realizado inconscientemente.

Schwartz interpretou a maior confiança nas respostas dadas perante as palavras verdadeiras como um «efeito inconsciente de reconhecimento de padrões».

Alan Pickering, psicólogo do Hatfield Polytechnic, em Inglaterra, utilizou palavras persas, escritas no alfabeto persa, em vez de palavras hebraicas.

Tal como o de Schwartz, o seu teste envolvia palavras verdadeiras e palavras baralhadas.

Os participantes observavam uma palavra durante dez segundos e eram depois convidados a desenhá-la.

A reprodução das palavras verdadeiras e falsas era avaliada por juízes independentes.

Nem o investigador nem os avaliadores sabiam quais eram as palavras verdadeiras e quais as baralhadas.

As palavras verdadeiras foram reproduzidas de maneira significativamente mais rigorosa do que as falsas.

Experiências posteriores realizadas como projetos de estudantes por Nigel Davidson, utilizando palavras persas, e por Geraldine Chapman, com palavras árabes, produziram resultados positivos semelhantes.

Arden Muhlberg, psicólogo norte-americano, realizou um teste análogo com código Morse.

Construiu uma nova versão do código, atribuindo pontos e traços a diferentes letras do alfabeto.

Os participantes desconheciam o código Morse.

Muhlberg comparou a capacidade de aprenderem o novo código com a de aprenderem o verdadeiro código Morse, apresentando o material por escrito.

As letras S e O foram excluídas porque muitas pessoas que desconhecem o código Morse estão, apesar disso, familiarizadas com o sinal de S.O.S.

Em média, os participantes aprenderam o verdadeiro código Morse com uma precisão significativamente superior à do novo código.³⁵

Suitbert Ertel, professor de Psicologia da Universidade de Göttingen, na Alemanha, investigou os possíveis efeitos da ressonância mórfica sobre o reconhecimento da escrita japonesa *hiragana*, um componente fonético do sistema de escrita japonês.

Os participantes viam nove caracteres *hiragana* diferentes, apresentados numa ordem aleatória e projetados num ecrã durante oito segundos.

Voltavam-se depois para uma folha de respostas contendo vinte caracteres *hiragana*, entre os quais se encontravam aleatoriamente misturados os nove que tinham acabado de ver.

Foi-lhes pedido que assinalassem os caracteres que pensavam ter observado.

O mesmo teste era repetido, com os caracteres apresentados segundo diferentes ordens aleatórias.

Cada participante realizava seis ensaios, e o reconhecimento dos caracteres *hiragana* melhorava geralmente de ensaio para ensaio.³⁶

Ertel previu que, caso a ressonância mórfica desempenhasse algum papel, os caracteres *hiragana* deveriam ser reconhecidos mais facilmente quando se encontravam na posição correta do que quando apareciam invertidos, pois milhões de japoneses estavam habituados a reconhecê-los na orientação normal.

Foi precisamente isso que verificou.

Numa experiência posterior, utilizou caracteres *hiragana* artificiais inventados por um designer gráfico.

Antes de realizarem os testes de aprendizagem, Ertel e os seus estudantes mostraram aos participantes caracteres *hiragana* verdadeiros e artificiais, pedindo-lhes que identificassem os autênticos.

Os participantes não conseguiram distingui-los.

A equipa de Göttingen realizou depois os seus testes padronizados de memória e verificou que os caracteres verdadeiros eram recordados melhor do que os falsos, em conformidade com as previsões da hipótese da ressonância mórfica.

Ertel e a sua equipa realizaram depois outro teste, que consideravam decisivo.

Compararam o efeito de inverter os caracteres verdadeiros com o de inverter os caracteres falsos.

Ertel argumentou que, no caso dos falsos caracteres *hiragana*, a rotação não deveria produzir qualquer efeito, uma vez que a ressonância mórfica não desempenharia nenhum papel no reconhecimento desses caracteres, independentemente da orientação.

Os resultados foram confusos e a interpretação de Ertel era difícil de acompanhar.

Nos dois primeiros ensaios, quase não existia diferença entre o reconhecimento dos falsos caracteres *hiragana* invertidos e o dos apresentados na posição correta (Fig. A.7).

Nos ensaios seguintes, porém, os falsos caracteres eram recordados melhor quando apresentados na posição correta.

Ertel argumentou que a aprendizagem mais rápida nos ensaios posteriores com os falsos caracteres na posição correta se devia a «fatores intrínsecos» sem relação com a ressonância mórfica.

Surpreendentemente, não apresentou qualquer análise estatística que mostrasse se o efeito era ou não significativo.

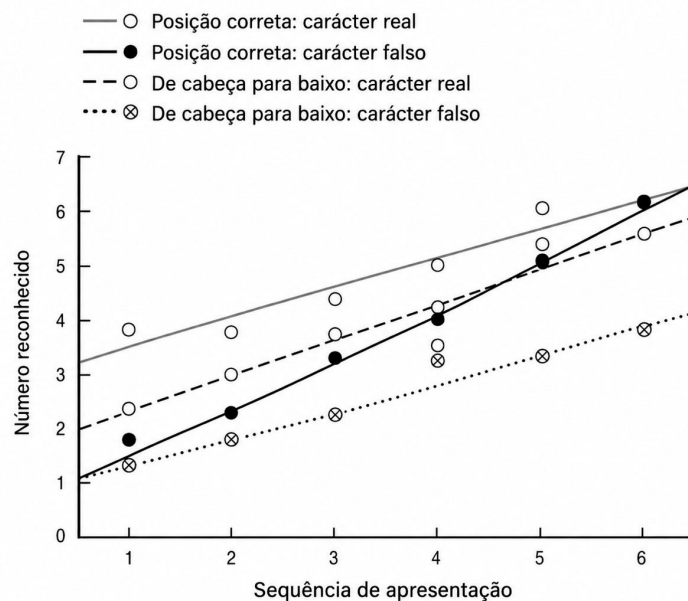


Figura A.7 — Resultados da experiência de Suitbert Ertel sobre o reconhecimento de caracteres *hiragana*. O eixo vertical mostra o número de palavras reconhecidas em seis ensaios sucessivos. Os quatro conjuntos de pontos representam caracteres verdadeiros e falsos, apresentados na posição correta e invertidos. (Reproduzido por cortesia de Suitbert Ertel.)

Contudo, os falsos caracteres *hiragana* de Ertel foram concebidos para se assemelharem aos verdadeiros quando se encontravam na posição correta.

Na medida em que se assemelhavam aos caracteres verdadeiros, é possível que isso acontecesse precisamente por apresentarem

uma sensação de «orientação correta», devido à sua semelhança genérica com os caracteres autênticos.

Este «fator intrínseco» poderá não constituir uma alternativa à ressonância mórfica, mas depender da semelhança genérica dos caracteres artificiais com os verdadeiros caracteres apresentados na posição correta — uma característica incorporada desde o início.

Retrospectivamente, Ertel considerou que ele e os seus estudantes tinham cometido um erro nos testes iniciais destinados a verificar se os falsos caracteres *hiragana* se assemelhavam efetivamente aos verdadeiros:

Fomos gradualmente percebendo que não tínhamos instruído da melhor forma os participantes dos testes preliminares.

Deveríamos ter-lhes pedido que observassem os quarenta símbolos na folha de papel e assinalassem aqueles que lhes pareciam mais simples, agradáveis e menos estranhos.

Estas eram as características intrínsecas que outro teste já tinha revelado como relevantes.

Em vez disso, informámos os participantes de que existiam vinte símbolos japoneses verdadeiros e vinte artificiais e pedimos-lhes que assinalassem os vinte verdadeiros.

A complexidade das interpretações de Ertel ilustra a dificuldade de obter resultados inequívocos nas experiências de campo antigo.

Robert Schorn, Gottfried Tappeiner e Janette Walde realizaram recentemente um teste de campo antigo na Universidade de Innsbruck.

Utilizaram estímulos constituídos por símbolos políticos, religiosos e económicos, como bandeiras, emblemas e marcas comerciais que tinham sido muito conhecidos, mas caíram, entretanto, no esquecimento, ou que eram familiares a muitas pessoas noutros países — como o símbolo chinês da Coca-Cola, marcas indianas e símbolos religiosos do Extremo Oriente.

Para cada símbolo, um designer criou um símbolo de controlo correspondente, com um padrão geral e um grau de complexidade semelhantes.

Para verificarem se os novos símbolos eram efetivamente comparáveis, os investigadores realizaram sete pré-testes com mais de duzentos participantes.

Foi-lhes pedido que indicassem qual dos símbolos de cada par lhes parecia menos credível ou verdadeiro.

Na experiência principal, utilizaram símbolos falsos tão credíveis como os originais — ou até mais credíveis.

Os participantes observavam pares de símbolos, um verdadeiro e outro falso, apresentados segundo uma ordem aleatória.

Era-lhes pedido que avaliassem qual dos dois possuía mais «espírito».

Selecionaram os símbolos verdadeiros com uma frequência significativamente superior à dos falsos.³⁷

Num segundo teste, a equipa de Innsbruck comparou palavras russas verdadeiras, escritas no alfabeto cirílico, com anagramas sem sentido dessas palavras.

Mais uma vez, os estímulos verdadeiros e falsos foram apresentados aos pares, e os participantes tiveram de avaliar qual possuía mais «espírito».

As palavras verdadeiras foram selecionadas com uma frequência significativamente superior à dos anagramas.

Alguns destes testes foram realizados através da Internet, ilustrando o potencial de uma ampla participação pública em testes automatizados de ressonância mórfica.

Kimberly Robbins e Chris Roe, da Universidade de Northampton, em Inglaterra, realizaram o mais recente teste de campo antigo utilizando caracteres chineses verdadeiros e falsos.

A conceção experimental era semelhante à de Ertel.

Os participantes começaram por observar uma apresentação em PowerPoint constituída por cinco caracteres chineses verdadeiros e cinco falsos, apresentados numa sequência aleatória durante três segundos cada.

Não foram informados de que alguns eram verdadeiros e outros falsos.

Receberam depois uma folha com vinte caracteres e foi-lhes pedido que rodeassem os dez que tinham acabado de observar.

Os outros dez eram elementos de distração: cinco verdadeiros e cinco falsos.

Os participantes reconheceram os caracteres verdadeiros significativamente melhor do que os falsos.

Entre os elementos de distração, apresentaram também um número significativamente superior de falsas memórias dos caracteres verdadeiros do que dos falsos, resultado compatível com um efeito de ressonância mórfica.³⁸

Apesar disso, todos os testes de campo antigo enfrentam a dificuldade de controlar os «fatores intrínsecos» que poderão tornar os símbolos, palavras ou cantigas antigas mais memoráveis ou atraentes do que os recém-inventados.

Mas constituirão os fatores intrínsecos e a ressonância mórfica verdadeiras alternativas?

Os próprios fatores intrínsecos poderão depender da ressonância mórfica.

9. Melhoria do Desempenho Humano

Os testes de campo novo mais simples começam com dois padrões novos.

O primeiro passo consiste em determinar com que facilidade cada um pode ser aprendido ou reconhecido.

O segundo consiste em reforçar a ressonância mórfica de um deles, mas não a do outro.

Caso a ressonância mórfica desempenhe algum papel, aquele que tiver sido «reforçado» deverá posteriormente tornar-se mais fácil de aprender ou reconhecer.

Não deverá ocorrer qualquer alteração semelhante no controlo.

O primeiro teste de campo novo foi realizado com imagens ocultas, seguindo uma sugestão de Nicholas Humphrey.

À primeira vista, estas imagens parecem não fazer sentido ou contêm apenas sugestões vagas de padrões (Fig. A.8a).

A percepção da imagem subjacente (Fig. A.8b) envolve uma mudança súbita de Gestalt: a imagem adquire um significado definido.

Depois de isto acontecer, torna-se difícil deixar de reconhecer a imagem oculta e custa acreditar que outras pessoas não consigam vê-la.

Caso a ressonância mórfica esteja a atuar, uma imagem oculta deverá tornar-se mais fácil de reconhecer depois de muitas pessoas a terem visto.



Figura A.8a — Imagem oculta utilizada num teste televisivo de ressonância mórfica. A imagem é revelada na Figura A.8b.

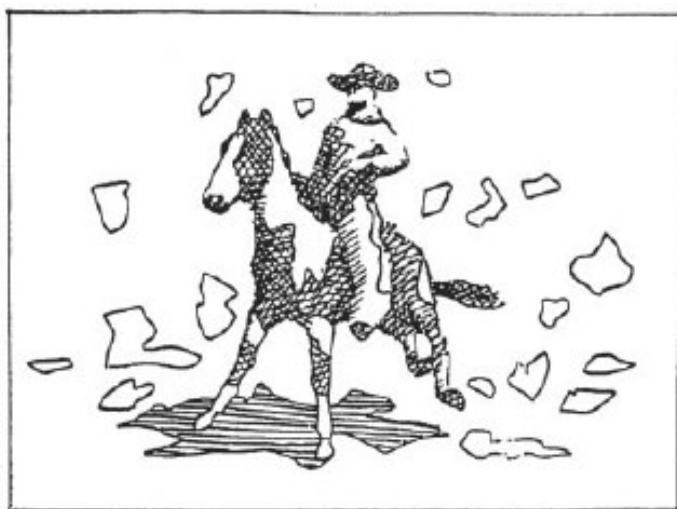


Figura A.8b — Imagem oculta na Figura A.8a.

No verão de 1983, a empresa britânica Thames Television permitiu-me realizar uma experiência deste tipo.

As duas imagens-enigma foram especialmente produzidas por um artista e concebidas para serem difíceis, de modo que apenas uma pequena minoria das pessoas conseguisse identificar as imagens ocultas.

Antes da transmissão televisiva na Grã-Bretanha, enviei ambas as imagens a colaboradores na Europa, África e nas Américas.

Cada investigador mostrou as duas imagens, durante um minuto cada, a um grupo de participantes antes da transmissão e, posteriormente, a outro grupo comparável.

Registou-se o número de pessoas que reconheceram a imagem oculta.

Os investigadores não sabiam qual das imagens seria mostrada na televisão — e eu também não.

Durante o programa televisivo, uma delas foi escolhida aleatoriamente e apresentada a aproximadamente dois milhões de espetadores.

Ao fim de alguns segundos, a resposta foi revelada e depois «fundiu-se» novamente com a imagem-enigma, de modo que a figura anteriormente oculta se tornava facilmente reconhecível.

A mesma imagem voltou a ser apresentada no final do programa.

A percentagem de participantes que reconhecia a imagem de controlo antes e depois da transmissão televisiva não se alterou.

Em contrapartida, aumentou a percentagem de participantes que reconhecia a imagem transmitida na televisão britânica.

O efeito era estatisticamente significativo, com uma probabilidade inferior a uma em cem de o resultado ter surgido por acaso.³⁹

A experiência foi repetida com imagens diferentes na BBC, em novembro de 1984, durante o popular programa científico *Tomorrow's World*.

Mais uma vez, existiam duas imagens-enigma com figuras ocultas.

Investigadores de várias partes do mundo testaram grupos de participantes para determinar que proporção conseguia reconhecer as imagens no espaço de trinta segundos.

Esses testes foram realizados durante os cinco dias anteriores à transmissão televisiva na Grã-Bretanha e, com participantes comparáveis, durante os cinco dias posteriores.

No programa televisivo, uma das duas imagens foi escolhida aleatoriamente e mostrada a oito milhões de espetadores, aos quais foi revelada a resposta.

Esta imagem tornou-se efetivamente mais fácil de reconhecer noutros lugares, sem que ocorresse qualquer alteração na imagem de controlo.

Contudo, o efeito positivo limitou-se aos participantes da Europa continental.

Não se verificou qualquer efeito na América do Norte.

A disparidade era surpreendente.

A ressonância mórfica não deveria depender da distância.

Uma possível explicação era que, na Europa, onde a diferença horária em relação à Grã-Bretanha era de apenas uma hora, as pessoas se encontravam mais «em fase» com o público televisivo britânico do que as pessoas na América, onde a diferença horária era de cinco a oito horas.

Em fevereiro de 1985, foi realizada uma nova experiência com imagens ocultas durante uma transmissão televisiva na Alemanha pela Norddeutscher Rundfunk.

Mais uma vez, existiam duas imagens, das quais apenas uma foi mostrada na televisão.

A experiência foi coordenada por Susan Fassberg, em Freiburg im Breisgau.

Ela providenciou para que milhares de participantes fossem testados em diferentes regiões do mundo, predominantemente na Grã-Bretanha.

Tal como nas experiências anteriores, não ocorreu qualquer alteração significativa na proporção de pessoas que reconhecia a imagem de controlo.

Contudo, a proporção que reconhecia a imagem experimental diminuiu, na Grã-Bretanha e noutros lugares, depois de esta ter sido vista por aproximadamente meio milhão de pessoas no norte da Alemanha.

A diminuição era significativa ao nível de probabilidade de 2%.

Do ponto de vista da ressonância mórfica, deveria ter ocorrido um aumento.

Do ponto de vista cético, não deveria ter acontecido qualquer alteração.

Ninguém previu uma diminuição.

Este resultado mostrou que outros fatores estavam a intervir.

Mas quais?

Ninguém sabia.

Esta conclusão desconcertante desencorajou a realização de novos testes televisivos, que eram complicados de organizar.

Em 1987, o Institute of Noetic Sciences — IONS —, nas proximidades de São Francisco, Califórnia, anunciou um prémio para a melhor investigação estudantil sobre ressonância mórfica.

As propostas foram avaliadas por um painel independente de juízes, e os resultados foram anunciados em 1991.⁴⁰

A vencedora do prémio destinado a estudantes de licenciatura foi Monica England, estudante de Psicologia na Universidade de Nottingham, em Inglaterra.

O seu teste foi inspirado em relatos anedóticos segundo os quais algumas pessoas consideravam mais fácil resolver as palavras cruzadas dos jornais no dia posterior à publicação do que no próprio dia em que apareciam.

Este efeito poderia dever-se à ressonância mórfica proveniente de milhares de pessoas que já tinham resolvido o passatempo.

A experiência envolveu duas palavras cruzadas do jornal londrino *Evening Standard*, que não era distribuído em Nottingham.

O jornal colaborou amavelmente, fornecendo dois passatempos ainda não publicados uma semana antes da sua publicação: as «palavras cruzadas fáceis» e as «palavras cruzadas rápidas».

As palavras cruzadas fáceis apresentavam pistas crípticas simples.

As rápidas continham pistas constituídas por uma única palavra que exigiam sinónimos como respostas.

Monica England testou aproximadamente cinquenta estudantes no dia anterior à publicação das palavras cruzadas em Londres e outros cinquenta no dia seguinte.

Ambos os grupos receberam também dois passatempos de controlo publicados no *Evening Standard* duas semanas antes.

Os participantes dispuseram de dez minutos para cada conjunto de palavras cruzadas, durante os quais tentaram resolver o maior número possível de pistas.

Em média, depois da publicação, os participantes resolveram significativamente mais pistas nas palavras cruzadas fáceis do que antes.

Não ocorreu qualquer alteração no passatempo de controlo.

Em contrapartida, nas palavras cruzadas rápidas não se verificou uma diferença significativa entre o passatempo experimental e o de controlo.

Repeti esta experiência em 1990, utilizando novamente palavras cruzadas fáceis e rápidas do *Evening Standard* e testando pessoas com a ajuda de investigadores que viviam longe de Londres, onde os participantes não teriam visto esse jornal.

Mais uma vez, os resultados de ambos os passatempos foram comparados com controlos.

Verificou-se uma ligeira melhoria nas pontuações das palavras cruzadas fáceis depois da publicação, mas a alteração não era estatisticamente significativa.

Em contrapartida, ocorreu um aumento estatisticamente significativo nas palavras cruzadas rápidas.

Assim, os resultados eram inconsistentes, apresentando um efeito positivo num passatempo, mas não no outro, tal como acontecera na experiência de Monica England.

No teste dela, o efeito positivo ocorreu nas palavras cruzadas fáceis; no meu, nas rápidas.

Enquanto refletia sobre estes resultados, percebi que dera como adquirido que todos os passatempos eram novos e que, por isso, não seriam afetados pela ressonância mórfica proveniente de palavras cruzadas anteriores.

Perguntei então como eram construídos e descobri que os autores reutilizavam frequentemente pistas de passatempos anteriores.

Consequentemente, estas palavras cruzadas simples não proporcionavam um bom teste de ressonância mórfica, pois muitas das pistas não eram verdadeiramente novas.

Zoltan Dienes, então integrado no Departamento de Psicologia da Universidade de Oxford, venceu o prémio do IONS destinado a estudantes de pós-graduação.

Os participantes tinham de decidir rapidamente se uma sequência de letras apresentada num ecrã de computador constituía uma palavra inglesa dotada de significado ou uma não palavra.

A experiência envolvia um fenómeno conhecido pelos psicólogos como **facilitação por repetição** — *repetition priming* —, que ocorre quando uma palavra, ou outro estímulo, é reconhecida mais rapidamente depois de repetidas exposições.

Dienes raciocinou que os participantes posteriores poderiam reconhecer mais facilmente os estímulos caso outras pessoas já os tivessem reconhecido anteriormente.

Os participantes viam sequências de letras projetadas brevemente num ecrã e tinham de indicar, premindo teclas do computador o mais rapidamente possível, se cada sequência constituía uma palavra verdadeira ou uma não palavra.

Dienes utilizou dois conjuntos de palavras e não palavras.

Um conjunto «partilhado» era apresentado aos noventa participantes.

O segundo conjunto, «único», era mostrado apenas a cada décimo participante.

A experiência envolvia, assim, oitenta participantes «reforçadores», que observavam apenas os estímulos partilhados,

e dez «ressonadores», que viam os estímulos partilhados juntamente com os únicos.

Caso a ressonância mórfica estivesse a atuar, a velocidade com que os estímulos partilhados eram corretamente avaliados deveria aumentar relativamente à velocidade com que eram avaliados os estímulos únicos.

Para maximizar a ressonância entre os participantes, todos os ensaios experimentais foram realizados num ambiente controlado dotado de pistas visuais, olfativas e auditivas características.

O resultado foi positivo e estatisticamente significativo.

Quanto maior fosse o número de vezes que uma não palavra tinha sido vista anteriormente, mais rapidamente os ressonadores posteriores reagiam a ela.

Contudo, quando Dienes tentou repetir a experiência na Universidade de Sussex, não se verificou qualquer efeito significativo.⁴¹

Além dos testes de campo antigo discutidos anteriormente, o professor Suitbert Ertel realizou duas experiências de campo novo.

A primeira decorreu através de uma revista chamada *Übermorgen*.

A experiência baseava-se em anagramas, como *Seterleirei* para *Reiseleiter*, e a tarefa dos leitores consistia em descobrir as palavras normais.

Foi-lhes pedido que repetissem cada anagrama e a respetiva palavra correta o maior número possível de vezes.

Depois de os memorizarem, enviavam aos investigadores um postal contendo o número de telefone.

Os nomes eram incluídos num sorteio, e trinta participantes receberam exemplares gratuitos de um dos meus livros.

Tinham de aceitar uma possível verificação telefónica para confirmar se conheciam as palavras.

Foi efetivamente contactada uma amostra aleatória de cinquenta pessoas, com resultados satisfatórios.

Participaram aproximadamente mil leitores.

Esses leitores não sabiam que a experiência incluía também sessenta estudantes da Universidade de Dresden, onde a revista não era distribuída.

Os estudantes foram testados com os mesmos dez anagramas e com outros dez que não tinham sido reforçados pelos leitores da *Übermorgen*.

Conseguiriam os estudantes resolver melhor os anagramas reforçados do que os de controlo?

Em média, conseguiram, mas o efeito não era estatisticamente significativo.⁴²

A segunda experiência de Ertel decorreu através de outra revista, a *PM*.

Foi concebida para divertir os leitores e utilizava palavras artificiais alemãs inseridas em expressões ou provérbios correntes.

O significado das palavras artificiais tinha de ser deduzido a partir do contexto, como em *Die blampe Leier* e *Das ist doch ein blamper Hut*, nas quais *blampe* era uma palavra inventada que substituíra *alt* — «velho».

Dez novas palavras tinham de ser aprendidas desta maneira, num total de cem frases.

A contagem dos novos significados — por exemplo, o significado *alt* = *blampe* surgia oito vezes — produzia um número de telefone com dez algarismos para o qual os leitores telefonavam.

Caso o número estivesse correto, recebiam uma confirmação de um atendedor automático.

O envio de um postal com o número correto permitia-lhes participar num sorteio de cinquenta exemplares do meu livro.

Participaram ao todo 1 017 leitores da revista *PM*.

Mais uma vez, a influência deste reforço foi testada em Dresden.

Depois de uma palavra aparecer num ecrã de computador, os participantes tinham de premir o mais rapidamente possível um botão que dizia «artificial» ou «verdadeira».

As palavras artificiais reforçadas encontravam-se misturadas com vinte outras palavras artificiais que não tinham sido reforçadas.

Os estudantes de Dresden foram testados antes e depois do reforço realizado através da *PM*.

Não se verificou qualquer diferença entre o seu desempenho com as palavras reforçadas e com as de controlo.

Um dos problemas deste teste era que as condições em que os participantes viam as palavras eram muito diferentes do contexto em que os leitores da *PM* as tinham aprendido.

Um dos grupos resolvia passatempos numa revista, em casa ou noutros ambientes informais.

O outro era testado, num laboratório, quanto à velocidade de reação perante palavras apresentadas em computadores.

Estas diferenças poderão ter enfraquecido qualquer efeito de ressonância.

Em síntese, os testes de campo novo realizados em pequena escala não produziram resultados consistentes e reproduzíveis.

Talvez não sejam suficientemente sensíveis.

A ressonância poderá ser demasiado fraca para ser detetada quando existem apenas algumas centenas ou milhares de reforçadores.

A ressonância mórfica pode ser investigada numa escala muito maior através do estudo das alterações do desempenho humano ao longo do tempo.

O desempenho em novas competências tende a melhorar com o passar dos anos?

Os videojogos tornam-se mais fáceis de jogar?

Novos desportos, como o *skateboarding* e o *windsurf*, tornam-se mais fáceis de aprender?

Os indícios anedóticos sugerem que sim.

Contudo, estas alterações não se encontram documentadas quantitativamente, e a situação é complicada por outros fatores, como o aperfeiçoamento do equipamento, as modas, os melhores métodos de ensino, entre outros.

Uma das poucas áreas em que existem dados pormenorizados ao longo de muitos anos é a das pontuações dos testes de QI — quociente de inteligência.

Por volta de 1980, apercebi-me de que, caso a ressonância mórfica ocorresse, o desempenho médio nos testes de QI deveria aumentar.

Isto não aconteceria porque as pessoas estariam a tornar-se mais inteligentes, mas porque os testes de QI se tornariam mais fáceis em resultado da ressonância mórfica proveniente dos milhões de pessoas que já os tinham realizado.

Procurei dados que permitissem testar esta previsão, mas não encontrei quaisquer valores publicados.

Por isso, fiquei intrigado quando, em 1982, se descobriu que as pontuações médias dos testes de QI no Japão aumentavam 3% por década desde a Segunda Guerra Mundial.⁴³

Pouco depois, verificou-se — para alívio de muitos norte-americanos — que os QI tinham aumentado a um ritmo semelhante nos Estados Unidos.

James Flynn foi o primeiro a detetar este efeito na América, através do estudo dos testes de inteligência aplicados pelas autoridades militares norte-americanas.

Descobriu que recrutas cujo desempenho era apenas médio quando comparado com o dos seus contemporâneos apresentavam resultados superiores à média quando comparados com recrutas de uma geração anterior que tinham realizado exatamente o mesmo teste (Fig. A.9).

Ninguém reparara nesta tendência porque os avaliadores comparavam rotineiramente a pontuação de cada indivíduo com a de outras pessoas da mesma idade testadas na mesma época.

Em qualquer momento, a pontuação média de QI é definida como 100.⁴⁴

Sabe-se atualmente que ocorreram aumentos comparáveis em outros vinte países, incluindo Austrália, Grã-Bretanha, França, Alemanha e Holanda.⁴⁵

Foram feitas muitas tentativas para explicar este **efeito Flynn**, mas nenhuma foi bem-sucedida.⁴⁶

Por exemplo, apenas uma pequena parte do efeito pode ser atribuída à prática na realização destes testes.

Na verdade, estes tornaram-se menos comuns nos últimos anos.

As melhorias na educação também não conseguem explicá-lo.

O mesmo se aplica, como alguns sugeriram, à exposição crescente à televisão.

As pontuações de QI começaram a aumentar várias décadas antes do aparecimento da televisão na década de 1950.

Como Flynn comentou ironicamente, a televisão era habitualmente considerada «uma influência embrutecedora até este efeito aparecer».⁴⁷

Quanto mais investigação se realiza, mais misterioso se torna o efeito Flynn.

O próprio Flynn descreve-o como «desconcertante».⁴⁸

A ressonância mórfica, porém, poderia proporcionar uma explicação natural.

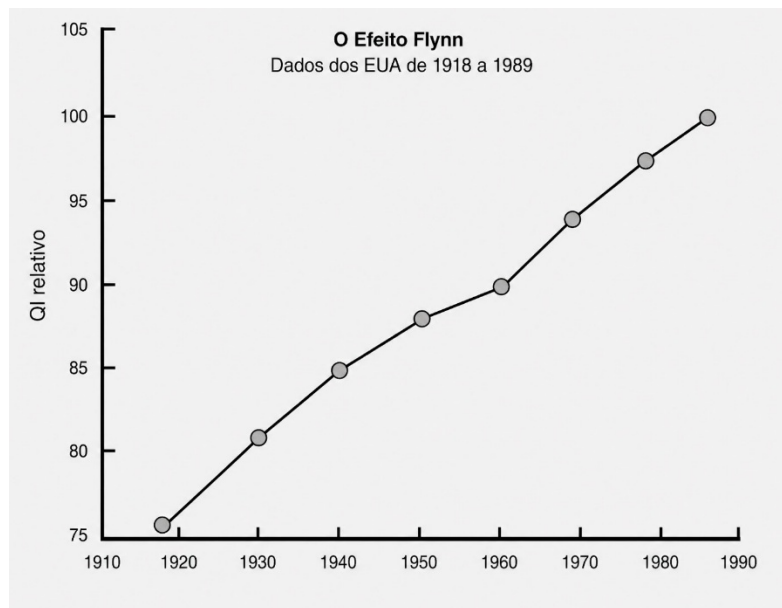


Figura A.9 — Alterações das pontuações médias dos testes de QI nos Estados Unidos entre 1918 e 1989, relativamente aos valores de 1989. (Dados de Horgan, 1995.)

Caso o efeito Flynn possa efetivamente ser explicado através da ressonância mórfica, demonstra que os efeitos dessa ressonância são relativamente reduzidos.

Se milhões de pessoas que realizam testes de QI produzem aumentos de apenas alguns pontos percentuais nas pontuações, então, em experiências que envolvam algumas centenas — ou, no máximo, alguns milhares — de pessoas, os efeitos da ressonância mórfica poderão ser demasiado pequenos para se distinguirem do «ruído aleatório» provocado pelas grandes variações de desempenho entre participantes.

A ressonância mórfica poderá também estar relacionada com a **inflação das classificações**, o fenómeno do aumento das notas académicas ao longo do tempo.

Uma avaliação das práticas de classificação em faculdades e universidades norte-americanas mostra que, desde a década de 1960, as classificações aumentaram, nos Estados Unidos, a um ritmo de 0,15 por década numa escala de 4,0.

Na Grã-Bretanha, a proporção de estudantes que obtêm notas A nos exames escolares e classificações de primeira classe nos cursos universitários tem também aumentado de maneira constante.

Este fenómeno provocou um intenso debate.

Algumas pessoas lamentam que os padrões de exigência estejam a tornar-se mais permissivos.

Outras afirmam que os estudantes estão a produzir trabalhos de melhor qualidade.

Mais uma vez, a ressonância mórfica proporcionaria uma explicação simples.

Os exames padronizados estão a tornar-se mais fáceis porque muitas pessoas já os realizaram.

Quando o meu filho mais velho, Merlin Sheldrake, se preparava para realizar os exames britânicos GCSE — *General Certificate of Secondary Education* — aos dezasseis anos, ele e um grupo de colegas conceberam um plano engenhoso para aumentar as pontuações sem esforço adicional.

Em cada exame, começariam pelas últimas perguntas e voltariam depois ao princípio, seguindo então a sequência normal.

Desta maneira, encontravam-se aproximadamente dez minutos atrás dos restantes estudantes britânicos que realizavam o mesmo exame ao mesmo tempo e deveriam, por conseguinte, receber um reforço através da ressonância mórfica.

Puseram realmente a ideia em prática.

Raciocinaram que, caso a ressonância mórfica existisse, poderiam obter melhores resultados; caso não existisse, não tinham nada a perder.

Esta ideia levanta a possibilidade de realizar uma experiência no contexto de exames em grande escala.

Poderia alterar-se a ordem das perguntas para uma amostra aleatória de estudantes.

As pontuações seriam significativamente superiores nas perguntas que outros estudantes já tivessem respondido anteriormente?

Poderiam também realizar-se testes de campo novo da ressonância mórfica em larga escala utilizando passatempos recém-lançados, como *Sudoku*, ou jogos de computador.

Estes testes exigiriam a colaboração das empresas responsáveis pelos jogos ou passatempos.

Tal como nas experiências com imagens ocultas e palavras cruzadas, seria necessário existir um passatempo ou jogo de controlo que não fosse lançado durante o período do teste.

Seria necessário testar grupos de participantes em lugares onde não tivessem acesso aos passatempos ou jogos recém-lançados.

Esses testes seriam realizados antes e depois de os passatempos ou jogos serem lançados noutros lugares.

10. Computadores Ressonantes

A hipótese da causalidade formativa aplica-se a sistemas auto-organizadores como os cristais, as células e as sociedades animais.

Os campos mórficos atuam impondo padrões a acontecimentos que, de outro modo, seriam indeterminados.

Consequentemente, a ressonância mórfica não se aplica às máquinas.

As máquinas não são sistemas auto-organizadores.

São constituídas por componentes montados em fábricas segundo projetos humanos.

O seu funcionamento é estritamente determinado: são concebidas para serem previsíveis e repetirem continuamente as mesmas operações.

Mesmo quando os computadores incorporam «aleatoriedade» na programação, os números aleatórios são geralmente fornecidos por algoritmos pseudoaleatórios, e não por fontes de verdadeiro «ruído» aleatório.

Na década de 1980, o neurocientista Francisco Varela tentou testar a ressonância mórfica num computador.

Programou-o para executar a mesma sequência de operações, repetida cem milhões de vezes, e mediu o tempo necessário para completar as repetições.

Não ocorreu qualquer aceleração.

Varela publicou o resultado no *Skeptical Inquirer*, alegando que refutava a hipótese da causalidade formativa.⁴⁹

Defendeu que as alterações impostas aos chips de silício pelo funcionamento do computador eram equivalentes a cristalizações repetidas e que, por conseguinte, deveriam ocorrer mais

rapidamente caso a hipótese da ressonância mórfica estivesse correta.

Respondi que existia uma diferença de natureza entre a formação espontânea de um cristal e as alterações impostas a um chip de silício num computador.

Mais importante ainda, a experiência encontrava-se tecnicamente mal concebida.

Os computadores funcionam através de uma rápida sequência de operações cadenciada pelo relógio interno do computador.

No computador de Varela, esse relógio marcava as instruções do programa com uma unidade temporal de um microssegundo.

Mesmo que os chips de silício tivessem respondido mais rapidamente às instruções pulsadas em resultado da ressonância mórfica, a sequência de operações encontrava-se fixada pelo relógio e não poderia ter acelerado.⁵⁰

Muitos leitores do *Skeptical Inquirer* assinalaram independentemente esta deficiência fatal da experiência.⁵¹

Certa manhã da primavera de 1990, fui subitamente inundado por telefonemas de jornalistas científicos e de departamentos universitários de informática.

A excitação tinha sido provocada por um artigo publicado numa revista britânica, a *Computer Shopper*, que descrevia resultados extraordinários dos quais eu nada sabia.

O artigo afirmava que uma cientista informática italiana, a doutora Lora Pfilo, realizara recentemente uma experiência com algoritmos genéticos.

Procurava encontrar a melhor solução para um problema de engenharia, fazendo com que diferentes soluções possíveis competissem entre si ao longo de «gerações» sucessivas.

A simulação era executada na *connection machine* da Universidade de Bolonha, um enorme computador paralelo com 256 000 processadores.

Segundo o artigo, a doutora Pfilo observou que, na primeira execução, o programa demorara quarenta minutos a concluir.

Na segunda, porém, demorara apenas vinte e três.

A diminuição súbita do tempo de processamento preocupou-a.

Talvez o programa não tivesse funcionado corretamente devido a uma oscilação de corrente.

Executou-o novamente.

Embora os resultados correspondessem aos da segunda execução, o tempo de processamento diminuía para treze minutos.

Continuou a executar repetidamente o programa, e o tempo acabou por descer para um minuto e doze segundos.

O resultado deixou-a espantada.

Que fator causal adicional provocara a diminuição do tempo de processamento?

Em janeiro, contactou um colega que visitava a Universidade de Milão: o professor Kvitlen Duren, professor de Matemática no Institut Svit Chotiri, em Kiev.

O artigo prosseguia com uma entrevista ao professor Duren, que se encontrava em Londres para discursar perante a Royal Society.

Também ele afirmava ter observado uma diminuição do tempo de processamento num dos seus computadores, mas não noutra que executava o mesmo programa de algoritmo genético.

Descobrira que o computador mais rápido possuía circuitos adicionais, incluindo um dispositivo físico de geração de números aleatórios baseado num díodo Zener invertido, que produzia aleatoriedade quântica.

O outro computador utilizava um algoritmo pseudoaleatório convencional.

O artigo citava o professor Duren:

Inicialmente, tivemos grande dificuldade em aceitar isto, mas o que deve ter acontecido é que, em determinado sentido, a informação proveniente das execuções anteriores estava a ser «armazenada algures».

Nessa altura, a minha boa amiga Lora Pfilo contactou-me e, no decurso de uma conversa geral, descobrimos que ambos tínhamos observado o mesmo efeito.

Àquilo a que eu chamava aceleração causal, ela chamava ressonância mórfica...

O que acontece na *connection machine* é a existência de indeterminação quântica no agendamento dos múltiplos processos.

Essa indeterminação é suficiente para produzir os efeitos observados por Lora.

Telefonei para a revista *Computer Shopper* e pedi que me colocassem em contato com o autor do artigo.

Pouco depois, ele telefonou-me e disse:

— Antes de avançarmos, veja a data desta edição da *Computer Shopper*.

Vi.

Era 1 de abril.

O autor, Adrian Owen, e o seu colega John Kozak convidaram-me pouco depois para os encontrar num bar local.

O professor Duren, fotografado no artigo, não era senão John Kozak com uma barba falsa.

Lora Pfilo era um anagrama de *April fool* — «primeiro de abril».

Disseram-me que ambos se encontravam intrigados com a ressonância mórfica e tinham pensado em maneiras de a aplicar aos computadores.

Tinham também tentado conceber um artigo de primeiro de abril suficientemente plausível para despertar um interesse generalizado, sem ser imediatamente reconhecido como fraude humorística.

Foram bem-sucedidos para além das suas expetativas mais extravagantes.

Em 1993, Steven Rooke, de Tucson, Arizona, um programador informático experiente, explorou a possibilidade de realizar na prática aquilo que o artigo da *Computer Shopper* descrevera.

Utilizou um sistema de computação gráfica, um díodo Zener invertido como fonte de ruído quântico e um programa de algoritmo genético que convergia para uma imagem-alvo.

A questão era saber se, numa série aleatória de execuções, a velocidade de convergência para esse alvo aumentaria.

Rooke teve de superar vários problemas técnicos, e os resultados dos testes de ressonância mórfica foram inconclusivos.

Contudo, os seus programas produziram imagens gráficas extraordinariamente belas, que passou depois a comercializar.

Ao recordar a experiência, em outubro de 2007, Rooke duvidava de que o gerador de acontecimentos quânticos e os programas informáticos estivessem suficientemente integrados para constituírem um campo mórfico:

Mesmo que um processo de convergência de um programa genético possa entrar em ressonância com processos ocorridos fugazmente em momentos anteriores, parece provável que tenha de existir uma integração muito mais estreita entre aquilo que gera a fonte de aleatoriedade — o gerador de acontecimentos quânticos — e a coisa nova que está a ser produzida.

A conceção de experiências deste tipo está repleta de dificuldades, incluindo o acompanhamento das soluções anteriores para se poder saber se determinada solução é realmente nova.

Todo o trabalho preparatório deveria ser realizado exclusivamente com números pseudoaleatórios.⁵²

Nos campos mórficos, todas as diferentes partes do sistema se encontram ligadas, e os campos atuam influenciando processos aleatórios.

O problema destacado por Rooke é que os números aleatórios eram introduzidos no computador, mas o gerador de números não se encontrava ligado ao sistema de qualquer outra maneira.

Para existir uma integração mais estreita, o gerador de números aleatórios teria de ser afetado pelos próprios processos que influenciava.

Uma maneira de criar um sistema mais estreitamente integrado, sugerida por Ralph Abraham, seria utilizar retroação ótica.

O modelo mais simples consistiria em apontar uma câmara de vídeo para um ecrã que apresentasse, em baixa definição, a imagem captada pela própria câmara, deixando margem para a interferência do ruído aleatório.

Poderá, porém, existir uma nova possibilidade surpreendente.

Estamos habituados a considerar que todos os computadores são digitais.

Contudo, nos primórdios da computação, durante a década de 1950, os computadores analógicos eram concorrentes sérios enquanto possível caminho para o futuro.

Permitiam que padrões complexos e auto-organizadores de atividade se desenvolvessem através de circuitos eletrónicos oscilatórios e, por vezes, caóticos.

William Ross Ashby, pioneiro britânico da cibernética, publicou em 1952 o influente livro *Design for a Brain*, no qual mostrou como os circuitos cibernéticos analógicos poderiam modelar a atividade cerebral, incluindo saltos de um estado ou nível para outro.

Depois, os computadores digitais assumiram o domínio, e os sistemas analógicos foram esquecidos.

Num renascimento recente, a abordagem analógica produziu resultados surpreendentes através da criação de «máquinas vivas» sob a forma de robôs analógicos semelhantes a insetos.

Estas máquinas realizam feitos de auto-organização e até de aprendizagem e memória cuja complexidade contrasta com o facto de conterem menos de dez transístores e não possuírem quaisquer computadores no seu interior.

Mark Tilden, o inventor destas máquinas, construiu sistemas eletrónicos que dependem de informações recebidas pelos sensores à medida que os robôs se deslocam.

A atividade dos circuitos rítmicos semelhantes a ondas é parcialmente caótica e imprevisível e encontra-se influenciada pelo que aconteceu anteriormente.

Nas palavras de Tilden:

Quando as condições se repetem exatamente da mesma maneira, um computador digital responde sempre da mesma forma.

Estes dispositivos analógicos poderão ou não fazer a mesma coisa duas vezes!

Podemos influenciá-los, mas não possuímos efetivamente qualquer poder sobre eles.⁵³

O trabalho de Tilden inspirou um novo tipo de construção de máquinas «baseada na reação», denominado robótica BEAM — *Biology, Electronics, Aesthetics and Mechanics*, ou *Biotechnology, Ethology, Analogy and Morphology*.

Poderão estabelecer-se campos mórficos em máquinas eletrônicas?

Ninguém sabe.

Contudo, um bom ponto de partida para investigar esta questão poderá ser constituído por robôs analógicos auto-organizadores, baseados em ondas, que integrem elementos verdadeiramente aleatórios.

Caso surgissem campos mórficos no interior desses sistemas analógicos probabilísticos, estes possuiriam automaticamente uma memória inerente, sem necessitarem de dispositivos especiais de armazenamento, como discos rígidos ou chips de memória.

Entrariam também em ressonância mórfica com computadores semelhantes existentes em todo o mundo, sem precisarem de comunicar através de fios, cabos ou sinais de rádio.

Partilhariam uma memória coletiva.

Nasceria uma tecnologia inteiramente nova.

APÊNDICE B

Os Campos Mórficos e a Ordem Implicada

David Bohm foi um eminente físico quântico. Quando jovem, trabalhou em estreita colaboração com Albert Einstein na Universidade de Princeton. Juntamente com Yakir Aharonov, descobriu o efeito Aharonov-Bohm. Mais tarde, foi professor de Física Teórica no Birkbeck College, da Universidade de Londres, e autor de vários livros, entre os quais *Causality and Chance in Modern Physics* (*Causalidade e acaso na física moderna*)¹ e *Wholeness and the Implicate Order* (*A Totalidade e a Ordem Implícita*)². Morreu em 1992.

Este diálogo foi publicado originalmente na *ReVision Journal*, e as notas editoriais são de Renée Weber, editora da revista.³

BOHM: Suponhamos que analisamos o desenvolvimento do embrião, precisamente aqueles problemas em que considera que a atual abordagem mecanicista não funciona. O que faria a teoria dos campos morfogenéticos que as outras não fazem?

SHELDRAKE: O organismo em desenvolvimento encontrar-se-ia no interior do campo morfogenético, e esse campo orientaria e controlaria a forma do seu desenvolvimento.

O campo possui propriedades não apenas no espaço, mas também no tempo.

Waddington demonstrou-o através do seu conceito de creodo [ver Fig. 5], representado por modelos de vales nos quais bolas rolam em direção a um ponto final.

Quando se observa este modelo pela primeira vez, ele parece mecanicista. Contudo, basta pensar nele durante um momento para perceber que esse ponto final, para o qual a bola rola ao longo do vale, se encontra no futuro e está, por assim dizer, a atraí-la.

Parte da força deste modelo depende do facto de que, caso se desloque a bola para cima de uma das encostas do vale, ela voltará a rolar para baixo e atingirá o mesmo ponto final.

Isto representa a capacidade dos organismos vivos para alcançarem o mesmo objetivo mesmo quando são perturbados. Corte-se uma parte do embrião, e ela poderá voltar a crescer; o organismo continuará a atingir o mesmo ponto final.

BOHM: Na física, a lei lagrangiana é bastante semelhante: a função de Lagrange desce até determinado nível mínimo, como acontece no caso do creodo.

Não se trata de uma analogia exata, mas poderia dizer-se que, em certo sentido, a órbita atômica clássica surge seguindo uma

espécie de creodo. Esta seria uma maneira de interpretar a física clássica.

Talvez se pudesse até introduzir alguma noção de estabilidade física com base num creodo.

Contudo, do ponto de vista da Ordem Implicada, penso que seria necessário dizer que esse campo formativo constitui todo um conjunto de potencialidades e que, em cada momento, ocorre uma seleção da potencialidade que será realizada, dependendo em certa medida da história passada e, também em certa medida, da criatividade.

SHELDRAKE: Mas esse conjunto de potencialidades é limitado, pois as coisas tendem efetivamente para determinado ponto final.

Quero dizer, os embriões de gato desenvolvem-se como gatos, não como cães.

Assim, poderá existir variação quanto ao percurso exato que seguem, mas existe um objetivo ou ponto final global.

BOHM: Contudo, existiriam contingências de todos os tipos que determinariam o gato concreto.

SHELDRAKE: Exatamente. Contingências de toda a espécie, influências ambientais e, possivelmente, flutuações genuinamente aleatórias.

Apesar disso, o ponto final do creodo definiria a região geral na qual o desenvolvimento acabaria por culminar.

De qualquer modo, o aspeto importante do conceito de creodo de Waddington — que é levado bastante a sério por muitos biólogos — consiste em já conter esta ideia de um ponto final localizado no futuro, no tempo.

Além disso, a estrutura, as próprias paredes do creodo, não são, em qualquer sentido habitual da palavra, coisas materiais ou físicas.

Infelizmente, Waddington não definiu o que eram.

Na minha opinião, representam este processo de causalidade formativa através do campo morfogenético. Waddington utiliza, de facto, a expressão «campo morfogenético».

O problema do conceito de Waddington é que, quando foi atacado pelos mecanicistas — que sustentavam tratar-se de uma ideia mística ou mal definida —, recuou e afirmou que aquilo era apenas uma forma de falar das interações químicas e físicas habituais.

René Thom retomou os conceitos de creodos e campos morfogenéticos e desenvolveu-os em modelos topológicos, nos quais chamou «atratores morfogenéticos» aos pontos finais.

Tentou levar Waddington a definir com maior precisão o que era o creodo. Contudo, sempre que era pressionado por alguém, até por René Thom, Waddington recuava.

Assim, deixou o conceito num estado profundamente ambíguo.

Brian Goodwin e outros investigadores semelhantes consideram os creodos e os campos morfogenéticos aspetos de formas platónicas eternas; Goodwin possui uma metafísica bastante platónica.

Considera estes campos formativos arquétipos eternamente dados, imutáveis e, em certo sentido, necessários.

Trata-se de uma posição quase neopitagórica: a harmonia, o equilíbrio, a forma e a ordem poderiam ser gerados, de uma maneira necessária, a partir de algum princípio matemático fundamental que atuaria como fator causal na natureza de forma inexplicada, mas imutável.

A diferença entre essa conceção e aquilo que proponho é que considero que os campos morfogenéticos se constroem causalmente a partir do que aconteceu anteriormente.

Temos, por assim dizer, esta introjeção das formas explicadas — para utilizar a sua linguagem — e depois uma nova projeção.

BOHM: Sim. Aquilo de que está a falar — a relação entre as formas passadas e as presentes — encontra-se realmente ligado à questão global do tempo: «Como deverá o tempo ser compreendido?»

Em termos da totalidade para além do tempo, da totalidade na qual tudo se encontra implicado, aquilo que se desdobra ou passa a existir em qualquer momento presente é simplesmente uma projeção do todo.

Isto significa que determinado aspeto do todo se desdobra nesse momento, e esse momento é precisamente esse aspeto.

Do mesmo modo, o momento seguinte constitui simplesmente outro aspeto do todo.

O ponto interessante é que cada momento se assemelha aos seus predecessores, mas também difere deles.

Explico isto utilizando os termos técnicos «injeção» e «projeção».

Cada momento é uma projeção do todo, como dissemos.

Contudo, esse momento é depois injetado — ou introjetado — novamente no todo.

O momento seguinte envolveria então, em parte, uma reprojeção dessa injeção, e assim sucessivamente, indefinidamente.⁴

Cada momento conterà, portanto, uma projeção da reinjeção dos momentos anteriores, o que constitui uma espécie de memória.

Isto produziria uma reprodução geral das formas passadas, o que parece semelhante àquilo de que está a falar.⁵

SHELDRAKE: Então, esta reinjeção no todo proveniente do passado significaria que existe uma relação causal entre aquilo que acontece num momento e aquilo que acontece posteriormente?

BOHM: Sim. Essa é a relação causal.

Quando abstraída da Ordem Implicada, parece existir pelo menos uma tendência — não necessariamente uma relação causal exata — para determinado conteúdo do passado ser seguido por um conteúdo relacionado no futuro.

SHELDRAKE: Sim. Portanto, caso alguma coisa aconteça num local e num determinado momento, aquilo que ali acontece é depois reinjetado no todo.

BOHM: Contudo, terá sido de algum modo modificado. Não é reinjetado de forma exatamente igual, porque foi anteriormente projetado.

SHELDRAKE: Sim, encontra-se de algum modo modificado, mas é reintegrado no todo.

Isso poderá produzir uma influência que, por ser mediada pelo todo, poderá fazer-se sentir noutro lugar.

Não tem de ser local.

BOHM: Exatamente. Poderá ocorrer em qualquer lugar.

SHELDRAKE: Bem, isso parece realmente muito semelhante ao conceito de ressonância mórfica, segundo o qual as coisas que aconteceram no passado — mesmo que se encontrem separadas espacial e temporalmente — podem influenciar coisas semelhantes no presente, por intermédio, através ou para além do espaço e do tempo, conforme preferirmos formulá-lo.

Existe esta ligação não local.

Isto parece-me muito importante, porque significaria que estes campos possuem ligações causais — embora não locais — com coisas que aconteceram anteriormente.

Não seriam manifestações inexplicáveis de um conjunto eterno e intemporal de arquétipos.

Os campos morfogenéticos, que produzem repetições de formas e padrões habituais, derivariam de campos anteriores — aquilo a que chama «memória cósmica».

Quanto maior fosse a frequência com que determinada forma ou campo tivesse ocorrido, maior seria a probabilidade de voltar a ocorrer.

É isto que tento expressar através da ideia de ressonância mórfica e da média automática das formas anteriores.

É este aspeto da teoria que a torna empiricamente testável, porque conduz a previsões.

Por exemplo: caso ratos aprendam alguma coisa num local — digamos, um novo truque —, os ratos existentes noutros lugares deverão conseguir aprender o mesmo truque mais rapidamente.

É isso que a distingue da teoria dos arquétipos eternos de Goodwin, que não conduziria a semelhante previsão, pois os arquétipos seriam sempre iguais.

É aqui que aquilo que proponho emerge de uma tradição de pensamento existente na biologia há sessenta anos: a ideia dos campos morfogenéticos.

Estes campos sempre foram muito mal definidos e foram interpretados, quer como Waddington os interpretava — apenas

uma forma de falar das forças mecanicistas convencionais —, quer através de uma abordagem metafísica semelhante à de Goodwin.

BOHM: Sim. Consideremos agora a analogia do recetor de ondas de rádio que discutiu no seu livro.

Quando se utiliza um recetor, este possui a capacidade de amplificar sinais de rádio extremamente fracos.

Como diz, podemos considerar a onda de rádio um campo morfogenético.

A energia existente no recetor — proveniente da tomada elétrica — recebe forma através da informação contida na própria onda de rádio, produzindo-se um som musical no altifalante.

Nesse caso, poderia dizer-se que a onda de rádio possui uma energia muito reduzida quando comparada com a energia elétrica que chega ao aparelho através da tomada.

Em termos gerais, existem, portanto, dois níveis de energia.

Um deles é uma espécie de energia não formada, mas suscetível de receber forma através de impulsos muito pequenos.

O outro é um campo muito mais subtil, dotado de pouquíssima energia no sentido habitual da palavra, mas que possui uma

qualidade formal capaz de ser assumida pela energia do recetor de rádio.

O importante é que se poderia interpretar a Ordem Implicada desta maneira: os níveis mais subtis da Ordem Implicada afetam a energia dos níveis menos subtis.

As energias implicadas são extremamente finas. Normalmente, nem sequer seriam consideradas energias.

São estas energias implicadas que dão origem à produção de eletrões, prótons e das várias partículas da física.

E estas partículas têm-se reproduzido há tanto tempo que se encontram praticamente determinadas, ou fixadas na «memória cósmica».

SHELDRAKE: Sim, penso que se poderia interpretar a questão dessa maneira.

Contudo, não sei realmente o que pensar acerca de estes campos morfogenéticos possuírem ou não uma energia subtil.

Quando escrevi o meu livro, procurei estabelecer uma distinção muito nítida entre a causalidade formativa e a forma habitual de causalidade — a causalidade energética — com a qual as pessoas estão familiarizadas, como empurrar coisas ou utilizar eletricidade.

Fi-lo por duas razões.

Em primeiro lugar, queria deixar claro que esta causalidade formativa constitui algo diferente daquilo que habitualmente consideramos causalidade.

Talvez não seja assim tão diferente quando se tem em conta a causalidade através dos campos, como acontece na física.

A segunda razão era a de que constitui uma parte importante da minha teoria o facto de estes campos mórficos se poderem propagar através do espaço e do tempo, permitindo que acontecimentos passados influenciem outros acontecimentos em qualquer outro lugar.

Caso estes campos sejam concebidos como energéticos, no sentido habitual da palavra, a maioria das pessoas pressuporá que apenas se poderão propagar localmente, segundo alguma forma de lei do inverso do quadrado.

Isto acontece porque a maioria das energias conhecidas — luz, gravidade, magnetismo, entre outras — se enfraquece com a distância.

BOHM: Contudo, isso não decorre necessariamente daí.

Uma das primeiras interpretações da teoria quântica que desenvolvi baseava-se numa partícula em movimento no interior de um campo.

SHELDRAKE: O potencial quântico.

BOHM: Sim.

O potencial quântico possuía muitas das propriedades que atribui aos campos morfogenéticos e aos creodos.

Orientava a partícula de determinada maneira e, frequentemente, existiam vales profundos e planaltos nos quais as partículas se podiam começar a acumular, produzindo franjas de interferência.

O aspeto interessante é que a energia do potencial quântico produzia o mesmo efeito independentemente da sua intensidade.

Assim, mesmo a grande distância, poderia produzir um efeito enorme.

Este efeito não segue a lei do inverso do quadrado.

Apenas a forma do potencial produz um efeito, não a sua amplitude ou magnitude.

Por isso, comparámo-lo a um navio orientado por radar.

O radar transporta forma ou informação proveniente de todas as direções e, dentro de determinados limites, o seu efeito não depende da intensidade da onda de rádio.

Poderíamos dizer que, nesse sentido, o potencial quântico atua como um campo formativo sobre o movimento dos eletrões.

O campo formativo não poderia ser colocado num espaço tridimensional — ou local —; teria de existir num espaço de três vezes n dimensões, permitindo ligações não locais, ou ligações subtis entre partículas distantes, como aquelas que observamos na experiência de Einstein-Podolsky-Rosen.

Existiria, assim, uma totalidade no sistema, de tal modo que o campo formativo não poderia ser atribuído apenas àquela partícula.

Só poderia ser atribuído ao todo.

Aquilo que acontecesse a partículas distantes poderia afetar o campo formativo de outras partículas.

Poderia, portanto, ocorrer uma transformação não local do campo formativo de determinado grupo para outro grupo.

Penso, por isso, que, ao tentarmos compreender o significado da mecânica quântica através deste modelo, obtemos uma analogia bastante forte com um campo formativo.

SHELDRAKE: Sim, talvez seja até uma homologia. Talvez sejam duas formas diferentes de falar da mesma coisa.

BOHM: A principal diferença é que a mecânica quântica não trata o tempo e, por conseguinte, não dispõe de qualquer forma de explicar o efeito cumulativo das formas passadas.

Para o fazer, seria necessário ampliar a maneira como a física trata o tempo.

SHELDRAKE: Mas o tempo não surge na física quando ocorre o colapso da função de onda?

BOHM: Sim, mas isso encontra-se fora do enquadramento atual da física quântica.

Esse colapso não é tratado por qualquer lei, o que significa que o passado é, por assim dizer, completamente apagado.⁶

A mecânica quântica atual não possui qualquer conceito de movimento, processo ou continuidade temporal.

Na realidade, trata apenas de um momento — uma observação — e da probabilidade de essa observação ser seguida por outra.

Contudo, existe obviamente processo no mundo físico.

Aquilo que proponho é que esse processo pode ser compreendido, a partir da Ordem Implicada, como esta atividade de reprojeção e reinjeção.

Assim, quando levada até este ponto, a teoria da Ordem Implicada vai bastante além da atual mecânica quântica.

Trata efetivamente do processo, coisa que a mecânica quântica não faz, exceto por referência a um aparelho de observação que, por sua vez, tem de ser referido a outra coisa.

SHELDRAKE: Diria que o processo, nesse nível, constitui uma reprojeção?

BOHM: Sim.

SHELDRAKE: E, simultaneamente, uma reinjeção?

BOHM: A reinjeção é precisamente aquilo que a equação de Schrödinger descreve.

A reprojeção constitui o passo seguinte, que a mecânica quântica não trata, exceto através do pressuposto arbitrário de que a função de onda «colapsa» de uma maneira que não encontra lugar nas leis físicas, como a equação de Schrödinger.

Existe ainda outra coisa que a mecânica quântica moderna não trata.

Estranhamente, a física atual não possui qualquer contato com a noção de atualidade.

A física clássica possui, pelo menos, alguma noção de atualidade ao afirmar que esta consiste num conjunto completo de partículas que se movem e interagem de determinada maneira.

Na física quântica, porém, não existe qualquer conceito de atualidade, porque esta sustenta que as suas equações não descrevem nada de atual.

Descrevem apenas a probabilidade daquilo que um observador poderia ver caso possuísse um instrumento de determinado tipo.

Esse instrumento é, portanto, considerado necessário para conferir atualidade ao fenómeno.

Contudo, por sua vez, o instrumento deveria ser constituído por partículas semelhantes, obedecendo às mesmas leis, e essas partículas necessitariam de outro instrumento que lhes conferisse atualidade.

Isto conduziria a uma regressão infinita.

Wigner propôs terminar a regressão afirmando que é a consciência do observador efetivo que confere atualidade a tudo.

SHELDRAKE: Contudo, isso não me parece muito satisfatório.

BOHM: Nem a mim. Mas Wigner parece sentir-se satisfeito com isso, tal como alguns outros.

O importante é que, a menos que se amplie a mecânica quântica, não existe nela lugar para a atualidade nem para qualquer uma das coisas de que está a falar.

Quero, portanto, dizer que a mecânica quântica, tal como existe atualmente, constitui um conjunto de fórmulas muito truncado, limitado e abstraído, que proporciona determinados resultados limitados relacionados apenas com um momento de uma experiência.

Contudo, é a partir desta perspectiva truncada que os físicos procuram explicar tudo.

O conjunto simplesmente não possui qualquer sentido.

Pense nisso: a física moderna nem sequer consegue falar do mundo atual!

SHELDRAKE: Mas como considera que poderemos chegar a um conceito de atualidade?

BOHM: Penso que através da Ordem Implicada.

Temos uma projeção do todo que constitui um momento; um momento é um movimento.

Podemos dizer que essa projeção constitui a atualização.

Por outras palavras, aquilo que a física não discute é a forma como os diferentes momentos sucessivos se encontram relacionados.

É precisamente isso que, segundo proponho, a Ordem Implicada procura explicar.

Caso ampliássemos a mecânica quântica através da Ordem Implicada, introduziríamos precisamente a questão da forma como os momentos passados produzem um efeito sobre o presente — isto é, através da injeção e da reprojeção.

Atualmente, a física afirma que o momento seguinte é inteiramente independente, embora possua determinada probabilidade de assumir esta ou aquela forma.

Não existe nela espaço para o tipo de fenómeno de que fala — determinado efeito acumulado do passado.

Contudo, a extensão da mecânica quântica através da Ordem Implicada possibilitaria isso.

Além disso, suponha que eu conseguisse, de algum modo, combinar a extensão da mecânica quântica através da Ordem Implicada — que explicaria os efeitos acumulados do passado — com este potencial quântico — que explicaria a natureza não local desses efeitos.

Penso que obteria algo muito semelhante àquilo de que está a falar.

SHELDRAKE: Sim, isso seria extremamente estimulante!

De todas as abordagens que encontrei, penso que esta é a mais promissora para permitir articular estes tipos de ideias.

Não encontrei qualquer outra abordagem que pareça revelar semelhantes ligações possíveis.

BOHM: Caso consigamos introduzir o tempo e afirmar que cada momento possui determinado campo de potenciais — representado pela equação de Schrödinger — e também uma atualidade mais restrita — representada pela própria partícula —, poderemos então dizer que o momento seguinte possui o seu potencial e a sua atualidade.

Terá de existir alguma ligação entre a atualidade dos momentos anteriores e os potenciais do momento seguinte.

Isso constituiria uma introjeção, não da função de onda do passado, mas da atualidade do passado naquele campo a partir do qual o presente será projetado.

Isso produziria precisamente o tipo de fenómeno de que está a falar.

Poder-se-ia construir uma série de atualidades introjetadas que estreitariam progressivamente o campo potencial, formando a base das projeções posteriores.

Isto explicaria a influência do passado sobre o presente.

SHELDRAKE: Sim, sim.

Agora, como pensa que isto se relaciona com as chamadas ondas de matéria da equação de, de Broglie?

BOHM: Foi precisamente por aí que começámos.

Estas ondas de matéria constituem a causa formativa, e foi isso que de Broglie sugeriu inicialmente.

Contudo, ele queria considerar a onda de matéria simplesmente uma onda tridimensional real existente no tempo, e isso não funciona bem.

O campo formativo constitui uma interpretação muito melhor.

O potencial quântico é o campo formativo que derivamos das ondas generalizadas de, de Broglie.

Dizemos que a partícula é a atualidade afetada pelo campo formativo.

O conjunto de partículas — toda a estrutura das partículas que constituem um sistema — é a atualidade desse campo formativo.

Contudo, esse modelo, por si só, continua a ignorar o tempo.

O passo seguinte consiste, portanto, em introduzir o tempo e afirmar que existe uma sucessão de momentos temporais nos quais se verifica uma atualidade recorrente.

Diríamos então que aquilo que recorre é afetado pelo campo formativo.

Contudo, esse campo formativo é, por sua vez, afetado por aquilo que aconteceu efetivamente antes.

Caso consigamos fazê-lo, isto ajudaria a eliminar a maioria dos problemas existentes na física.

E relacionar-se-ia estreitamente com o tipo de fenómeno de que está a falar.

Atualmente, afirmamos que a função de onda, enquanto potencial, se espalha muito rapidamente e depois colapsa subitamente num estado atual definido, por razões completamente exteriores à teoria.

Dizemos, por isso, que necessita de um aparelho de medição para o fazer.

Depois ocorre outro colapso, e a única continuidade do sistema seria proporcionada por um conjunto infinito de aparelhos de medição que o mantivessem permanentemente sob observação.

Esses aparelhos de observação teriam, por sua vez, de ser observados para lhes ser permitido existir atualmente, e assim sucessivamente.

Toda a questão desaparece numa névoa de confusão.

Como as pessoas consideram sagrada a matemática atual, afirmam que estas equações, na sua forma geral, nunca deverão ser alteradas.

Depois dizem: aqui estamos nós, confrontados com todos estes problemas estranhos.

Contudo, praticamente ninguém quer introduzir algo fundamentalmente diferente neste enquadramento geral.

SHELDRAKE: Portanto, é a interpretação de, de Broglie que pensa desenvolver.

Existiria esta atualização recorrente de algo continuamente associado ao campo formativo.

BOHM: E o campo formativo presente seria afetado pelas atualizações passadas.

Na atual mecânica quântica, não existe qualquer maneira de o campo formativo ser afetado por coisa alguma, incluindo o passado, porque só se pode falar de um único momento.

Não se encontra nada que possa afetar o campo formativo, e esse é o problema.

SHELDRAKE: Sim, compreendo.

Passemos agora a um tema estreitamente relacionado.

Aquilo de que falo a propósito dos campos morfogenéticos diz respeito às formas físicas e aos padrões comportamentais habituais.

A ligação destas ideias com o próprio processo do pensamento não é evidente, embora estejam certamente relacionadas.

Caso se comece por enquadrar todo o tema em termos físicos, como faço com os campos morfogenéticos, torna-se necessário falar em termos de ressonância mórfica: a influência das formas passadas sobre as presentes através do campo morfogenético, por intermédio de uma espécie de ressonância.

Contudo, caso se comece por utilizar uma linguagem psicológica e se fale em termos de pensamento, dispõe-se de uma forma mais prática de conceber a influência do passado, porque nos campos mentais existe memória.

Poderemos ampliar esta memória caso consideremos que todo o Universo possui uma natureza essencialmente semelhante ao pensamento, como fizeram muitos sistemas filosóficos.

Poder-se-ia dizer que, caso todo o Universo seja semelhante ao pensamento, se desenvolve automaticamente uma espécie de memória cósmica.

Existem sistemas de pensamento que adotam precisamente esta perspetiva.

Um deles é um sistema budista Mahayana: a ideia de *Alayavijnana*, ou consciência-armazém, é bastante semelhante à ideia de memória cósmica.

Penso que os teosofistas retomaram parcialmente esta ideia através do conceito de registo akáshico.

Numa das escolas do pensamento hindu, todo o Universo é o sonho de Vishnu.

Vishnu sonha o Universo, fazendo-o existir.

O Universo possui o mesmo tipo de realidade que um sonho e, como Vishnu é um deus de longa duração, que continua a sonhar durante muito tempo, o Universo conserva determinada consistência.

Existe memória no interior desse sonho.

Aquilo que Vishnu sonhou no passado tendeu a repetir-se, possuindo as suas próprias leis e dinâmica.

Todos estes sistemas de pensamento incorporam a memória.

Assim, poder-se-ia formular toda a questão numa linguagem psicológica.

Contudo, isso não ajuda realmente a estabelecer contato com a física moderna nem com a nossa forma científica contemporânea de observar o mundo.

Em certo sentido, noções como a Ordem Implicada parecem constituir uma abordagem mais adequada do problema, porque a expressão possui uma conotação neutra.

Trata-se de algo que poderá estar subjacente tanto à realidade física como ao pensamento.

Por conseguinte, transcende a dicotomia habitual entre materialismo e idealismo, segundo a qual toda a realidade é semelhante ao pensamento ou toda a realidade é semelhante à matéria.

A ideia da Ordem Implicada possui a grande vantagem de transcender essa distinção.

BOHM: Na realidade, essa transcendência constitui a sua própria essência.

SHELDRAKE: Caso adotemos uma perspectiva mais ampla da criatividade, temos a ideia do processo evolutivo global, que constitui claramente um processo criador.

Como considera que esta criatividade evolutiva se relaciona com o modelo?

BOHM: Poder-se-ia especular que grande parte da vida consiste numa reprodução constante de formas dadas com pequenas variações.

Isto assemelha-se à nossa experiência do pensamento: uma reprodução constante de padrões no interior da variação.

Contudo, perguntamos então:

— Como se torna possível que ocorram variações? Como conseguimos ultrapassar esse padrão?

SHELDRAKE: Sim, «saltos» criadores.

BOHM: «Saltos», sim.

Chamamos-lhes «saltos» quando são projetados nas categorias fixas do pensamento.

Caso afirmássemos que existe uma protointeligência ou inteligência implícita na matéria à medida que ela evolui — que, na realidade, não se move causalmente numa sequência, mas é constantemente criada e reproduzida —, existiria espaço para que ocorresse esse ato criador e para que um conteúdo criador fosse projetado e introjetado.

SHELDRAKE: Aquilo que participa nesta criatividade parece ser algo que liga as coisas: uma totalidade que abrange as partes e estabelece relações entre elas.

As coisas são ligadas no interior de um novo todo que não existia anteriormente.

Nesta realização criadora, duas coisas anteriormente separadas são ligadas no interior de uma totalidade.

BOHM: Sim. Passam então a ser vistas como meros aspetos do todo, em vez de existências independentes.

Realizou-se um novo todo e, a partir dessa realização, poderá criar-se também uma realidade externa.

SHELDRAKE: Portanto, o processo criador que dá origem ao novo pensamento — através do qual novas totalidades são realizadas — é, nesse sentido, semelhante à realidade criadora que dá origem a novas totalidades no processo evolutivo.

O processo criador poderia ser entendido como o desenvolvimento sucessivo de totalidades mais complexas e de nível mais elevado, através da ligação de coisas anteriormente separadas.

BOHM: E da sua realização, não apenas como partes independentes, mas como aspetos de uma totalidade maior dotada de novas qualidades.

SHELDRAKE: Exatamente. E essa realização de uma totalidade maior é aquilo que efetivamente cria essa totalidade maior...

BOHM: Sim. Poderia até propô-la, como acontece na imaginação ou num súbito *insight*.

Realiza-se a totalidade na mente e, posteriormente, concretiza-se no exterior através do trabalho.

Poder-se-ia supor, por exemplo, que a natureza reconhece de algum modo que se encontra perante várias coisas que têm agora de ser reunidas.

A natureza realiza essa totalidade maior num nível mais profundo, análogo à imaginação, e depois desdobra-a no ambiente externo.

De certa maneira, ocorre um súbito *insight* criador no sistema biológico.

SHELDRAKE: Exatamente.

Considera que estas relações entre as coisas, que fazem delas partes de uma totalidade maior, poderão, num passado remoto, ter dado origem às forças fundamentais da física?

Por exemplo, poderão as forças gravitacionais que ligam toda a matéria ter surgido através de um *insight* criador original segundo o qual toda a matéria constituía uma unidade?

BOHM: Poder-se-ia dizer que, ao reunir várias coisas que anteriormente se encontravam separadas, ocorreu subitamente a realização da sua unidade.

Isto criou uma nova totalidade: o Universo tal como, de qualquer modo, o conhecemos.

Podemos dizer que a natureza possui uma intenção muito mais profunda do que aquilo que se revela à superfície.

SHELDRAKE: E quanto à questão de as leis naturais serem eternamente dadas ou se construírem gradualmente, como vê isso?

BOHM: À luz da Ordem Implicada, penso que aquilo que se exige é a noção de campos formativos que se tornam gradualmente necessários.

Até a física moderna aponta para esta ideia ao afirmar que existiu um tempo — isto é, anterior ao Big Bang — em que nenhuma destas unidades, moléculas, quarks ou átomos, nas quais baseamos a necessidade, sequer existia.

Caso afirmássemos que existiam determinadas leis fixas e eternas das moléculas e dos átomos, o que diríamos se recuássemos até uma época anterior à existência de átomos e moléculas?

A física nada poderá dizer acerca disso, não é verdade?

Só poderá dizer que essas partículas se formaram em determinado estádio.

Terá, portanto, de ter ocorrido um desenvolvimento real através do qual a necessidade, em determinado campo, se tornou progressivamente mais fixa.

Podemos até observar isto quando arrefecemos uma substância que se liquefaz.

Inicialmente, surgem pequenos aglomerados de líquido transitórios; depois, tornam-se maiores e mais determinados.

Os físicos explicam tudo isto afirmando que as leis das moléculas são eternas e que as moléculas constituem apenas consequências dessas leis, ou derivam delas.

Contudo, caso recuemos e perguntemos:

— Onde estavam as moléculas?

Responder-se-á que eram inicialmente prótons e elétrons, que antes eram quarks, que anteriormente eram subquarks.

Recuamos até um estágio no qual nenhuma das unidades conhecidas sequer existia, e todo o esquema começa, por assim dizer, a desvanecer-se.

Fica então aberta a possibilidade de dizer que, em termos gerais, os campos de necessidade não são eternos.

Encontram-se constantemente em formação e desenvolvimento.

SHELDRAKE: Penso que a atual imagem científica convencional ainda não enfrentou verdadeiramente esta questão.

A ciência começou com uma espécie de noção neoplatônica e neopitagórica — a ideia de leis intemporais — que foi considerada adquirida durante muito tempo.

Penso que a introdução da teoria evolutiva na biologia desencadeou o início de uma mudança.

Passámos então a possuir uma perspectiva evolutiva da realidade no que dizia respeito aos animais e às plantas, embora ainda se considerasse que existia um pano de fundo intemporal constituído pelo mundo físico, molecular e atômico.

Atualmente, chegámos à cosmologia do Big Bang, que é amplamente aceite.

Possuímos, portanto, a ideia de todo o Universo como um Universo radicalmente evolutivo.

Penso que isto provoca uma crise — e deveria provocá-la.

A ideia de leis intemporais que sempre estiveram presentes, impregnando de algum modo o espaço e o tempo, deixa de possuir

grande significado quando se aceita um Big Bang historicamente real.

Surge então este problema:

— Onde estavam as leis antes do Big Bang?

BOHM: Existe também a crença, habitualmente aceite, de que, no núcleo dos buracos negros, as leis tal como as conhecemos desapareceriam.

Como diz, os cientistas não enfrentaram esta questão porque continuam a pensar da maneira antiga, em termos de leis intemporais.

Contudo, alguns físicos reconhecem o problema.

Um cosmólogo estava a proferir uma conferência e disse:

— Bem, sabem, eu costumava pensar que tudo era uma lei da natureza e que tudo se encontrava fixado. Contudo, no que diz respeito a um buraco negro, tudo poderá acontecer. Caso surgisse subitamente um anúncio da Coca-Cola, isso continuaria a ser uma possibilidade.

[Risos.]

Portanto, a noção de leis intemporais parece não se sustentar, porque o próprio tempo faz parte da necessidade que se desenvolveu.

O buraco negro não envolve tempo e espaço tal como os conhecemos; ambos desaparecem.

Não é apenas a matéria que desaparece. Toda a ordem regular que conhecemos desaparece.

Poder-se-ia, por isso, dizer que tudo é permitido — ou que nada é permitido.

SHELDRAKE: O aspeto interessante da teoria do Big Bang é que, no momento em que temos de abordar a questão da origem das leis da natureza, somos obrigados a reconhecer os pressupostos filosóficos subjacentes a qualquer forma de ciência.

As pessoas que se consideram mecanicistas rígidas ou pragmáticas veem a metafísica como uma perda de tempo, uma atividade especulativa inútil.

Em contraste, consideram-se cientistas práticos que prosseguem o seu trabalho.

Contudo, podemos obrigá-las a reconhecer que a sua visão das leis da natureza como intemporais — implícita em tudo aquilo que

dizem, pensam ou fazem — constitui, na realidade, uma visão metafísica.

E trata-se apenas de uma visão metafísica possível, não da única.

Converso com amigos biólogos, e eles dizem:

— Aquilo que está a fazer é metafísica.

Respondo-lhes:

— Esperem um momento. Vamos examinar aquilo que vocês próprios fazem.

Confrontamo-los então com a questão de onde se encontravam as leis da natureza antes do Big Bang.

A maioria responde:

— Bem, devem ter existido desde sempre.

Perguntamos:

— Onde? Antes do Big Bang não existia matéria em qualquer sentido que conheçamos. Onde estavam essas leis da natureza? Flutuavam livremente?

Respondem:

— Bem, devem ter estado lá de algum modo.

Perguntamos então:

— Não considera que isto constitui um conceito bastante metafísico, no sentido literal da palavra «metafísica», uma vez que se encontra claramente para além da física existente?

Mais cedo ou mais tarde, têm de o admitir.

Logo que se entra neste domínio, desaparece simplesmente a certeza sobre a qual tantos cientistas acreditam que a sua visão do mundo se encontra fundada.

Torna-se claro que a ciência atual pressupõe acriticamente uma determinada forma possível de metafísica.

Quando enfrentamos este facto, podemos pelo menos começar a pensar sobre ele, em vez de aceitar como autoevidente e adquirida uma única maneira de o conceber.

E, caso comecemos a pensar sobre ele, talvez consigamos aprofundar a nossa compreensão.

Referências

- Abraham, R. and Shaw, C.D. Dynamics: The Geometry of Behavior. Santa Cruz, CA: Aerial Press, 1984
- Agar, W.E., Drummond, F.H. and Tiegs, O.W. 'Second report on a test of McDougall's Lamarckian experiment on the training of rats'. Journal of Experimental Biology, 19 (1942), pp. 158–67.
- Agar, W.E., Drummond, F.H., Tiegs, O.W. and Gunson, M.M. 'Fourth (final) report on a test of McDougall's Lamarckian experiment on the training of rats'. Journal of Experimental Biology, 31 (1954), pp. 307–21.
- Altstädter, R. 100 years of Acetyl-Salicylic Acid. Leverkusen, Germany: Bayer AG, 1997
- Anderson, A.M. 'The great Japanese IQ increase'. Nature, 297 (1982), pp. 180–1.
- Anfinsen, C.B. 'Principles that govern the folding of protein chains'. Science, 181 (1973), pp. 223–30.
- Anfinsen, C.B. and Scheraga, H.A. 'Experimental and theoretical aspects of protein folding'. Advances in Protein Chemistry, 29 (1975), pp. 205–300.
- Anway, M.D., Cupp, A.S., Uzumcu, M. and Skinner, M.K. 'Epigenetic transgenerational actions of endocrine disruptors and male fertility'. Science, 308 (2005), pp. 1466–9.
- Ashby R.H. The Guidebook for the Study of Psychical Research. London, UK: Rider, 1972
- Audus, L.J. 'Plant geosensors'. Journal of Experimental Botany, 30, pp. 1051–73.
- Ayala, F.J. and Dobzhansky, T. (eds.). Studies in the Philosophy of Biology. London, UK: Macmillan, 1974
- Baldwin, J.M. Development and Evolution. New York, NY: Macmillan, 1902

- Banks, R.D., Blake, C.C.F., Evans, P.R., Haser, R., Rice, D.W., Hardy, G.W., Merrett, M. and Phillips, A.W. 'Sequence, structure and activities of phosphoglycerate kinase'. *Nature*, 279 (1979), pp. 773–7.
- Bateson, W. *Materials for the Study of Variation: Treated with Especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species*. London, UK: Macmillan, 1894
- Bedeckek, R. *Adventures With A Texas Naturalist* (new edition). Austin, TX: University of Texas Press, 1961
- Bekoff, M. and Byers, J.A. *Animal Play: Evolutionary, Comparative and Ecological Perspectives*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998
- Beloff, J. *The Existence of Mind*. London, UK: MacGibbon and Kee, 1962 Beloff, J. 'Is normal memory a "paranormal" phenomenon?' *Theoria to Theory*, 14 (1980), pp. 145–61.
- Bentley, W.A. and Humphreys, W.J. *Snow Crystals*. New York, NY: Dover, 1962
- Bentrup, F.W. 'Reception and transduction of electrical and mechanical stimuli'. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Pirson, A. And Zimmermann, M.H. (eds.). Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1979, vol. 7, pp. 42–70.
- Benzer, S. 'Genetic dissection of behavior'. *Scientific American*. 229(6), 1973, pp. 24–37.
- Bergson, H. *Creative Evolution*. London, UK: Macmillan, 1911a
- Bergson, H. *Matter and Memory*. London, UK: Allen & Unwin, 1911b
- Bernstein, J. *Polymorphism in Molecular Crystals*. Oxford, UK: Clarendon Press, 2002
- Bohm, D. *Causality and Chance in Modern Physics*. New York, NY: Harper, 1957
- Bohm, D. 'Some remarks on the notion of order'. *Towards a Theoretical Biology 2: Sketches* (Waddington, ed.). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press, 1969
- Bohm, D. *Wholeness and the Implicate Order*. London, UK: Routledge and Kegan Paul, 1980
- Bolker, J.A. 'Modularity in development and why it matters to evo-devo'. *American Zoologist*. 40 (2000), pp. 770–6.

- Bonner, J.T. *The Evolution of Development*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1958
- Bose, J.C. *The Nervous Mechanism of Plants*. London, UK: Longmans, Green & Co., 1926
- Bourguet, D. 'The evolution of dominance'. *Heredity*. 83 (1999), pp. 1–4.
- Boycott, B.B. 'Learning in the octopus'. *Scientific American*. 212 (3) (1965), pp. 42–50.
- Brenner, S. 'The genetics of behaviour'. *British Medical Bulletin*. 29 (1973), pp. 269–71.
- Broadbent, D.E. *Behaviour*. London, UK: Eyre and Spottiswoode, 1961
- Brown, J.L. *The Evolution of Behavior*. New York, NY: Norton, 1975
- Bunning, E. *The Physiological Clock*. London, UK: English Universities Press, 1973
- Burgess, J. and Northcote, D.H. 'The relationship between the endoplasmic reticulum and microtubular aggregation and disaggregation'. *Planta*. 80 (1968), pp. 1–14.
- Burr, H.S. *Blueprint for Immortality*. London, UK: Neville Spearman, 1972
- Bursen, H.A. *Dismantling the Memory Machine*. Dordrecht, Netherlands: Reidel, 1978
- Butler, S. *Life and Habit*. London, UK: Cape, 1878
- Capra, F. *The Web of Life: A New Synthesis of Mind and Matter*. London, UK: Flamingo, 1997
- Carington, W. *Telepathy*. London, UK: Methuen, 1945 Carr, B. 'Worlds apart? Can psychical research bridge the gap between matter and mind?' *Proceedings of the Society for Psychical Research*. 59, part 221 (2008), pp. 1–96.
- Carroll, S.B., Grenier, J.K. and Weatherbee, S.D. *From DNA to Diversity: Molecular Genetics and the Evolution of Animal Design*. Oxford, UK: Blackwell, 2001
- Carter, C. *Parapsychology and the Skeptics*. Pittsburgh, PA: Sterling House, 2007
- Chalmers, D. *The Conscious Mind: The Search for a Fundamental Theory*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1996

- Chibnall, A.C. Protein Metabolism in the Plant. New Haven, CT: Yale University Press, 1939
- Churchland, P. A Neurocomputational Perspective: The Nature of Mind and the Structure of Science. Cambridge, MA: MIT Press, 1992
- Clarke, H.T., Johnson, J.R. and Robinson, R. (eds.). The Chemistry of Penicillin. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1949
- Clarke, R. 'Two men and their dogs'. New Scientist. 87 (1980), pp. 303–4.
- Clowes, F.A.L. Apical Meristems. Oxford, UK: Blackwell, 1961
- Crew, F.A.E. 'A repetition of McDougall's Lamarckian experiment'. Journal of Genetics. 33 (1936), pp. 61–101.
- Crick, F.H.C. and Lawrence, P. 'Compartments and polyclones in insect development'. Science. 189 (1975), pp. 340–7.
- Crick, F.H.C. Of Molecules and Men. Seattle, WA: University of Washington Press, 1967
- Crick, F.H.C. and Orgel, L. 'Directed panspermia'. Icarus. 10 (1973), pp. 341–6.
- Curry, G.M. 'Phototropism'. Physiology of Plant Growth and Development (M.B. Wilkins, ed.). London, UK: McGraw-Hill, 1968
- D'Espagnat, B. The Conceptual Foundations of Quantum Mechanics. Reading, MA: Benjamin, 1976
- Damasio, A. Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain. New York, NY: Putnam, 1994
- Danckwerts, P.V. Letter. New Scientist. 11 November 1982, pp. 380–1.
- Darwin, C. The Variation of Animals and Plants Under Domestication. London, UK: Murray, 1875
- Darwin, C. The Power of Movement in Plants. London, UK: Murray, 1880
- Darwin, C. The Movement and Habits of Climbing Plants. London, UK: Murray, 1882

- Darwin, C. *The Variation of Animals and Plants Under Domestication*. vol. 2 (popular edition). London, UK: John Murray, 1905, p. 377.
- Davis, B.L. and E.M. Oshier 'Memory effect in single-crystal transformations of aragonite-type to calcite-type potassium nitrate'. *The American Mineralogist*. 32 (1967), pp. 957–73.
- Dawkins, R. *The Selfish Gene*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1976
- Dawkins, R. *The Extended Phenotype*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1982
- De Chardin, P.T. *The Phenomenon of Man*. London, UK: Collins, 1959
- De Roode, J. 'The moths of war'. *New Scientist*. 8 December 2007, pp. 46–9.
- Dennis, C. 'Altered states'. *Nature*. 421 (2003), pp. 686–8.
- Dienes, Z. 'A test of Sheldrake's claim of morphic resonance'. *Journal of Scientific Exploration*. 8 (1994), p. 578.
- Dilger, W.C. 'The behavior of lovebirds'. *Scientific American*. 206 (1962), pp. 88–98.
- Dostal, R. *On Integration in Plants*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1967
- Driesch, H. *Science and Philosophy of the Organism*. (1908, second edition 1929). London, UK: A. & C. Black
- Driesch, H. *History and Theory of Vitalism*. London, UK: Macmillan, 1914
- Driesch, H. *Mind and Body*. London, UK: Methuen, 1927
- Duncan, R. and Weston-Smith, M. (eds.) *Encyclopedia of Ignorance*. Oxford, UK: Pergamon Press, 1977
- Dunitz, J.D. 'Phase transitions in molecular crystals from a chemical viewpoint'. *Pure and Applied Chemistry*. 63 (1991), pp. 177–85.
- Dunitz, J.D. and Scheraga, H.A. 'Exercises in prognostication: crystal structures and protein folding'. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 101 (2004), pp. 14, 309–11.

- Dürr, H.-P. and Gottwald, F.-T. (eds.) *Rupert Sheldrake in der Diskussion*. Bern, Switzerland: Scherz Verlag, 1997
- Dürr, H.-P. 'Sheldrakes Vorstellungen aus dem Blickwinkel der modernen Physik'. (1997). *Rupert Sheldrake in der Diskussion*. Dürr, H.-P. and Gottwald, F.-T. (eds.). Bern, Switzerland: Scherz Verlag, 1997
- Dürr, H.-P. 'Sheldrake's ideas from the perspective of modern physics'. *Frontier Perspectives*. 12 (1) (2003), pp. 10–22.
- Durrant, A. 'The association of induced changes in flax'. *Heredity*. 32 (1974), pp. 133–43.
- Dustin, P. *Microtubules*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1978
- Eccles, J.C. *The Neurophysiological Basis of Mind*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1953
- Eckert, R. 'Bioelectric control of ciliary activity'. *Science*. 176 (1972), pp. 473–81.
- Eddington, A. *The Nature of the Physical World*. London, UK: Dent, 1935
- Eigen, M. and Schuster, P. *The Hypercycle*. Heidelberg, Germany and New York, NY: Springer-Verlag, 1979
- Elsasser, W.M. *Physical Foundations of Biology*. London, UK: Pergamon Press, 1958
- Elsasser, W.M. *Atom and Organism*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1966
- Elsasser, W.M. *The Chief Abstractions of Biology*. Amsterdam, Netherlands: North-Holland, 1975
- Emmet, D. *Whitehead's Philosophy of Organism*. London, UK: Macmillan, 1966
- Ertel, S. 'Morphische Resonanz auf dem Prüfstand des Experimentes' (1997). *Rupert Sheldrake in der Diskussion*. Dürr, H.-P. and Gottwald, F.-T. (eds.). Bern, Switzerland: Scherz Verlag, 1997

- Fedanzo, A. and Wingfield, I.S. 'Morphic resonance test'. *Skeptical Inquirer*. Fall 1988, pp. 100–1.
- Fisher, J. and Hinde, R.A. 'The opening of milk bottles by birds'. *British Birds*. 42 (1949), pp. 347–57.
- Fisher, R.A. *Genetical Theory of Natural Selection*. London, UK: Clarendon Press, 1930
- Flynn, J.R. 'Now the great augmentation of the American IQ'. *Nature*. 301 (1983), p. 655.
- Flynn, J.R. 'The mean IQ of Americans: massive gains 1932 to 1978'. *Psychological Bulletin*. 95 (1984), pp. 29–51.
- Flynn, J.R. 'Massive IQ gains in 14 nations'. *Psychological Bulletin*. 101 (1987), pp. 171–91.
- Freeman, W.J. *How Brains Make Up Their Minds*. London, UK: Weidenfeld and Nicholson, 1999
- Gerhar, T.J. and Kirschner, M. *Cells, Embryos and Evolution*. Oxford, UK: Blackwell, 1997
- Gibson, G.C. and Hogness, D.S. 'Effect of polymorphism in the *Drosophila* regulatory gene *Ultrabithorax* on homeotic stability'. *Science*. 271 (1996), pp. 200–3.
- Gilbert, S.F., Opik, J.M. and Raff, R.A. 'Resynthesizing evolutionary and developmental biology'. *Developmental Biology*. 173 (1996), pp. 357–72.
- Gleik, J. *Chaos: Making a New Science*. London, UK: Heinemann, 1988
- Goebel, K. *Organographie der Pflanzen*. Jena, Germany: Fischer, 1898
- Goho, A. 'The crystal form of a drug can be the secret of its success'. *Science News*. 166 (2004), pp. 122–4.
- Goldschmidt, R. *The Material Basis of Evolution*. New Haven, CT: Yale University Press, 1940
- Goodwin, B.C. 'On morphogenetic fields'. *Theoria to Theory*. 113 (1979), pp. 109–14.
- Goodwin, B.C. *How the Leopard Changed its Spots: The Evolution of Complexity*. London, UK: Weidenfeld and Nicholson, 1994

- Gould, S.J. 'Return of the hopeful monster'. *The Panda's Thumb*. New York, NY: Norton, 1980
- Graham, L.A. *Science and Philosophy in the Soviet Union*. New York, NY: Knopf, 1972
- Greene, B. *The Elegant Universe*. New York, NY: Vintage, 2000
- Gurwitsch, A. 'Über den Begriff des embryonalen Feldes'. *Archiv für Entwicklungsmechanik*. 51 (1922), pp. 383–415.
- Hadler, M.R. and Buckle, A.P. 'Forty-five years of anticoagulant rodenticides – past, present and future trends'. *Proceedings of the Fifteenth Vertebrate Pest Conference*. Lincoln, NE: University of Nebraska, 1992
- Haken, H. *Synergetics*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1977
- Haldane, J.B.S. 'The theory of the evolution of dominance'. *Journal of Genetics*. 37 (1939), pp. 365–74.
- Haraway, D.J. *Crystals, Fabrics and Fields*. New Haven, CT: Yale University Press, 1976
- Hardy, A. *The Living Stream*. London, UK: Collins, 1965
- Hasted, J.B. 'Speculations about the relation between psychic phenomena and physics'. *Psychoenergetic Systems*. 3 (1978), pp. 243–57.
- Hebb, D.O. *The Organization of Behavior*. New York, NY: Wiley, 1949
- Helgaker, T., Ruden, T.A., Jørgensen, P., Olsen, J. and Kloppe, W. 'A priori calculation of molecular properties to chemical accuracy'. *Journal of Physical Organic Chemistry*. 17 (2004), pp. 913–33.
- Hesse, M.B. *Forces and Fields*. London, UK: Nelson, 1961
- Hiley, B.J. 'Towards an algebraic description of reality'. *Annales de la Fondation Louise de Broglie*. 5 (1980), pp. 75–103.
- Hill, M. 'Adaptive state of mammalian cells and its nonseparability suggestive of a quantum system'. *Scripta Medica*. 73 (2000), pp. 211–22.

- Hinde, R.A. and Fisher, J. 'Further observations on the opening of milk bottles by birds'. *British Birds*. 445 (1951), pp. 393–6.
- Hinde, R.A. *Animal Behavior*. New York, NY: McGraw-Hill, 1966
- Hingston, R.W.G. *Problems of Instinct and Intelligence*. London, UK: Arnold, 1928
- Ho, M.W., Tucker, C., Keeley, D. and Saunders, P.T. 'Effects of successive generations of ether treatment on penetrance and expression of the bithorax phenocopy in *Drosophila melanogaster*'. *Journal of Experimental Zoology*. 225 (1983), pp. 357–68.
- Holden, A. and Singer, P. *Crystals and Crystal Growing*. London, UK: Heinemann, 1961
- Holland, O. (ed.) *Machine Consciousness*. Exeter, UK: Imprint Academic, 2003
- Hooper, J. *Of Moths and Men: Intrigue, Tragedy and the Peppered Moth*. London, UK: Fourth Estate, 2002
- Horgan, J. 'Get smart, take a test: A long-term rise in IQ scores baffles intelligence experts'. *Scientific American*. November 1995, pp. 10–11.
- Horgan, J. *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. London, UK: Little, Brown and Company, 1996
- Howe, D. and Rhee, S.Y. 'The future of biocuration'. *Nature*. 455 (2008), pp. 47–48.
- Hoy, J.F. *The cattle guard: Its history and lore*. Lawrence, KS: University Press of Kansas, 1982
- Hoyle, F. and Wickramasinghe, C. *Lifeccloud*. London, UK: Dent, 1978
- Huxley, J. *Evolution: The Modern Synthesis*. London, UK: Allen & Unwin, 1942
- Huxley, T.H. *Hardwicke's Science Gossip*. 3 (1867), p. 74.
- Hyslop, A. 'Methodological Epiphenomenalism'. *Australasian Journal of Philosophy*. 76 (1998), pp. 61–70.
- Jaffe, M.J. 'Thigmomorphogenesis'. *Planta*. 114 (1973), pp. 143–57.

- Jennings, H.S. Behavior of the Lower Organisms. New York, NY: Columbia University Press, 1906
- Jenny, H. Cymatics. Basel, Switzerland: Basileus Press, 1967
- Josephson, B. 'Incendiary subject'. *Nature*. 294 (1981), p. 594.
- Jouvet, M. 'The states of sleep'. *Scientific American*. 216(2) (1967), pp. 62–72.
- Jung, C.G. The Archetypes and the Collective Unconscious. London, UK: Routledge and Kegan Paul, 1959
- Kammerer, P. The Inheritance of Acquired Characteristics. New York, NY: Boni and Liveright, 1924
- Kandel, E.R. 'Small systems of neurons'. *Scientific American*. 241(3) (1979), pp. 61–71.
- Katz, B. Nerve, Muscle and Synapse. New York, NY: McGraw-Hill, 1966
- Katz, B. and Miledi, R. 'Membrane noise produced by acetylcholine'. *Nature*. 226 (1970), pp. 962–3.
- Kauffman, S. Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution. Oxford, UK: Oxford University Press, 1994
- Kennington, R. On Modern Origins: Essays in Early Modern Philosophy. Lanham, MD: Lexington Books, 2004
- King, M.C. and Wilson, A.C. 'Evolution at two levels in humans and chimpanzees'. *Science*. 188 (1975), pp. 107–16.
- Koestler, A. and Smythies, J.R. (eds.). Beyond Reductionism. London, UK: Hutchinson, 1969
- Koestler, A. The Ghost in the Machine. London, UK: Hutchinson, 1967
- Koestler, A. The Case of the Midwife Toad. London, UK: Hutchinson, 1971
- Kohler, W. The Mentality of Apes. New York, NY: Harcourt Brace, 1925

- Krstic, R.V. *Ultrastructure of the Mammalian Cell*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1979
- Kuhn, T.S. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: Chicago University Press, 1962
- Lambert, D.M., Stevens, C.S., White, C.S., Gentle, N.R., Phillips, N.R., Millar, C.D., Barker, J.R. and Newcomb, R.D. 'Phenocopies'. *Evolutionary Theory*. 8 (1989), pp. 285–304.
- Lashley, K.S. 'In search of the engram'. *Symposia of the Society for Experimental Biology*. 4 (1950), pp. 454–82.
- Laszlo, E. *Science and the Akashic Field: An Integral Theory of Everything*. Rochester, VT: Inner Traditions International, 2004
- Lauterwasser, A. *Water Sound Images*. Newmarket: NH: Macromedia Publishing, 2006
- Lawden, D.F. 'Possible psychokinetic interactions in quantum theory'. *Journal of the Society for Psychical Research*. 50 (1980), pp. 399–407.
- Le Fanu, J. *Why Us?* London, UK: HarperCollins, 2009
- Leclerc, I. *The Nature of Physical Existence*. London, UK: Allen & Unwin, 1972
- Lenartowicz, P. *Phenotype-Genotype Dichotomy*. Rome, Italy: Gregorian University, 1975
- Lewis, E.B. 'Genes and developmental pathways'. *American Zoologist*. 3 (1963), pp. 33–56.
- Lewis, E.B. 'A gene complex controlling segmentation in *Drosophila*'. *Nature*. 276 (1978), pp. 565–70.
- Lindauer, M. *Communication Among Social Bees*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1961
- Lotzos, C. 'Play behaviour in higher primates: a review'. *Primate Ethology*. Morris, D. (ed.). London, UK: Weidenfeld and Nicolson, 1967
- Mackie, J.L. *The Cement of the Universe*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1974

- Mackinnon, D.C. and Hawes, R.S.J. *An Introduction to the Study of Protozoa*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1961
- MacWilliams, H.K. and Bonner, J.T. 'The prestalk-prespore pattern in cellular slime moulds'. *Differentiation*. 14 (1979), pp. 1–22.
- Maddox, J. 'A book for burning?' *Nature*. 293 (1981), pp. 245–6.
- Maddox, J. 'Crystals from first principles'. *Nature*. 335 (1988), p. 201.
- Maheshwari, P. *An Introduction to the Embryology of Angiosperms*. New York, NY: McGraw-Hill, 1950
- Mahlberg, A. 'Evidence of collective memory: a test of Sheldrake's theory'. *Journal of Analytical Psychology*. 32 (1987), pp. 23–34.
- Manning, A. 'Behaviour genetics and the study of behavioural evolution'. *Function and Evolution in Behaviour*. Baerends, G.P., Beer, C. and
- Manning, A. (eds.). Oxford, UK: Oxford University Press, 1975
- Marais, E. *The Soul of the White Ant*. London, UK: Cape and Blond, 1971
- Marshall, N. 'ESP and memory: a physical theory'. *British Journal for the Philosophy of Science*. 10 (1960), pp. 265–86.
- Masters, M.T. *Vegetable Teratology*. Cambridge, UK: Ray Society, 1869
- Mayr, E. *Animal Species and Evolution*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1963
- McDougall, W. 'An experiment for the testing of the hypothesis of Larmarck'. *British Journal of Psychology*. 17 (1927), pp. 267–304.
- McDougall, W. 'Second report on a Lamarckian experiment'. *British Journal of Psychology*. 20 (1930), pp. 201–18.
- McDougall, W. 'Fourth report on a Lamarckian experiment'. *British Journal of Psychology*. 28 (1938), pp. 321–45.
- Medawar, P.B. *The Art of the Soluble*. London, UK: Methuen, 1968

- Medvedev, Z.A. *The Rise and Fall of T.D. Lysenko*. New York, NY: Columbia University Press, 1969
- Meinhardt, H. 'Space-dependent cell determination under the control of a morphogen gradient'. *Journal of Theoretical Biology*. 74 (1978), pp. 307–21.
- Monod, J. *Chance and Necessity*. London, UK: Collins, 1972
- Morata, G. and Lawrence, P.A. 'Homoeotic genes, compartments and cell determination in *Drosophila*'. *Nature*. 265 (1977), pp. 211–16.
- Morgan, H.D., Sutherland, H.G.E., Martin, D.I.K., and Whitelaw, E. 'Epigenetic inheritance at the agouti locus in the mouse'. *Nature Genetics*. 23 (1999), pp. 314–18.
- Murphy, G.G. and Glanzman, D.L. 'Enhancement of sensorimotor connections by conditioning-related stimulation in *Aplysia* depends upon postsynaptic Ca^{2+} '. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 93 (1996), pp. 9,931–6.
- Needham, J. *Biochemistry and Morphogenesis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1942
- Neisser, U. *Intelligence: Knowns and Unknowns*. Washington, DC: American Psychological Association, 1995
- Nemethy, G. and Scheraga, H.A. 'Protein folding'. *Quarterly Review of Biophysics*. 10 (1977), pp. 239–352.
- Nicolis, G. and Prigogine, I. *Self-Organization in Nonequilibrium Systems*. New York, NY: Wiley-Interscience, 1977
- Olsen, M.V. and Varki, A. 'The chimpanzee genome – a bittersweet celebration'. *Science*. 305 (2004), pp. 191–2.
- Parsons, P.A. *The Genetic Analysis of Behaviour*. London, UK: Methuen, 1967

- Pauen, M., Staudacher, A. and Walter, S. 'Epiphenomenalism: Dead end or way out?' *Journal of Consciousness Studies*. 13 (2006), pp. 7–19.
- Pauling, L. *The Nature of the Chemical Bond*. (Third Edition). Ithaca, NY: Cornell University Press, 1960
- Pearson, K. *Life of Francis Galton*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1924
- Pecher, C. 'La fluctuation d'excitabilité de la fibre nerveuse'. *Archives Internationales de Physiologie*. 49 (1939), pp. 129–52.
- Penrose, R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1989
- Penzig, O. *Pflanzen-Teratologie*. Berlin, Germany: Borntraeger, 1921–2
- Pickett-Heaps, J.D. 'The evolution of the mitotic apparatus'. *Cytobios*. 3 (1969), pp. 257–80.
- Pickett-Heaps, J.D. *Green Algae*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1975
- Polanyi, M. *Personal Knowledge*. London, UK: Routledge and Kegan Paul, 1958
- Popper, K.R. *Conjectures and Refutations*. London, UK: Routledge and Kegan Paul, 1965
- Popper, K.R. 'Quantum mechanics without "the observer"'. *Quantum Theory and Reality*. Bunge, M. (ed.). Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1967
- Popper, K.R. and Eccles, J.C. *The Self and its Brain*. Berlin, Germany, Springer International, 1977
- Pribram, K.H. *Languages of the Brain*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1971
- Purseglove, J.W. *Tropical Crops: Dicotyledons*. London, UK: Longmans, 1968
- Qiu, J. 'Unfinished symphony'. *Nature*. 441 (2006), pp. 143–5.

- Radin, R. *The Conscious Universe: The Scientific Truth of Psychic Phenomena*. San Francisco, CA: Harper, 1997
- Radin, D. *Entangled Minds: Extrasensory Experiences in a Quantum Reality*. New York, NY: Pocket Books, 2006
- Rao, K.R. 'On the nature of psi'. *Journal of Parapsychology*. 41 (1977), pp. 294–351.
- Rapp, P.E. 'An atlas of cellular oscillations'. *Journal of Experimental Biology*. 81 (1979), pp. 281–306.
- Raven, P.H., Evert, R.F. and Curtis, H. *Biology of Plants*. New York, NY: Worth Publishers, Inc., 1976
- Rensch, B. *Evolution Above the Species Level*. London, UK: Methuen, 1959
- Rhine, J.B. and McDougall, W. 'Third report on a Lamarckian experiment'. *British Journal of Psychology*. 24 (1933), pp. 213–35.
- Ricard, M. *The Mystery of Animal Migration*. London, UK: Constable, 1969
- Riedi, R. *Order in Living Organisms*. Chichester, UK and New York, NY: Wiley Interscience, 1978
- Rignano, E. *Biological Memory*. New York, NY: Harcourt, Brace and Co., 1926
- Roberts, K. and Hyams, J.S. (eds.). *Microtubules*. London, UK: Academic Press, 1979
- Roblin, G. 'Mimosa pudica: a model for the study of the excitability in plants'. *Biological Reviews*. 54 (1979), pp. 135–53.
- Roll-Hansen, N. *The Lysenko Effect: The Politics of Science*. Amherst, NY: Humanity Books, 2005
- Rose, R. 'So-called "formative causation": a hypothesis disconfirmed'. *Biology Forum*. 85 (1992), pp. 444–53.
- Russell, B. *Analysis of Mind*. London, UK: Allen & Unwin, 1921

- Russell, E.S. *The Directiveness of Organic Activities*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1945
- Ruyer, R. *La Gnose de Princeton*. Paris, France: Fayard, 1974
- Ryle, G. *The Concept of Mind*. London, UK: Hutchinson, 1949
- Sanderson, K. 'Model predicts structure of crystals'. *Nature*. 450 (2007), p. 771.
- Satter, R.L. 'Leaf movements: tendril curling'. *Encyclopaedia of Plant Physiology*. Pirson, A. and Zimmermann, M.H. (eds.). New Series vol 7, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1979, pp. 442–84.
- Schopenhauer, A. *The World as Will and Idea*. London, UK: Kegan Paul, 1883, Book 1, Section 7.
- Schorn, R., Tappeiner, G. and Walde, J. 'Analysing “spooky” action at a distance with concerning brand logos'. *Innovative Marketing*. 1 (2006), pp. 45–60.
- Schwartz, G. 'Morphische Resonanz und systemetisches Gedächtnis. Die Yale-Arizona Hebräisch-Studien'. Rupert Sheldrake in der Diskussion. Dürr, H.-P. and Gottwald, F.-T. (eds.). Bern, Switzerland: Scherz Verlag, 1997
- Sebrell, W.H. and Harris, R.S. *The Vitamins: Volume V. (Second Edition)*. New York, NY: Academic Press, 1972
- Semon, R. *Das Problem der Vererbung Erworbener Eigenschaften*. Leipzig, Germany: Engelmann, 1912
- Semon, R. *The Mneme*. London, UK: Allen & Unwin, 1921
- Serra, J.A. *Modern Genetics*. vol. II. London, UK: Academic Press, 1966, pp. 269–70.
- Sheldrake, R. 'The production of hormones in higher plants'. *Biological Reviews*. 48 (1973), pp. 509–59.
- Sheldrake, R. 'The ageing, growth and death of cells'. *Nature*. 250 (1974), pp. 381–5.

- Sheldrake, R. 'Three approaches to biology: I. The mechanistic theory of life'. *Theoria to Theory*. 14 (1980a), pp. 125–44.
- Sheldrake, R. 'Three approaches to biology: II. Vitalism'. *Theoria to Theory*. 14 (1980b), 227–40.
- Sheldrake, R. 'Three approaches to biology: III. Organicism'. *Theoria to Theory*. 14 (1981), pp. 310–11.
- Sheldrake, R. 'Formative causation: the hypothesis supported'. *New Scientist*. 27 October 1983.
- Sheldrake, R. *A New Science of Life: The Hypothesis of Formative Causation*. (Second Edition). London, UK: Blond, 1985
- Sheldrake, R. *The Presence of the Past*. New York, NY: Times Books, 1988a
- Sheldrake, R. 'Cattle fooled by phoney grids'. *New Scientist*. 11 February 1988b.
- Sheldrake, R. 'Morphic resonance in silicon chips'. *Skeptical Inquirer*. Winter 1989, pp. 203–4.
- Sheldrake, R. 'An experimental test of the hypothesis of formative causation'. *Biology Forum*. 85 (1992a), pp. 431–43.
- Sheldrake, R. 'Rose refuted'. *Biology Forum*. 85 (1992b), pp. 455–60.
- Sheldrake, R. *Seven Experiments that Could Change the World: A Do-It-Yourself Guide to Revolutionary Science*. London, UK: Fourth Estate, 1994
- Sheldrake, R. *Dogs That Know When Their Owners Are Coming Home, And Other Unexplained Powers of Animals*. London, UK: Hutchinson, 1999
- Sheldrake, R. 'Are melting points constant?'. *Skeptical Inquirer*. September/October 2002, pp. 40–1.
- Sheldrake, R. *The Sense of Being Stared At, And Other Aspects of the Extended Mind*. New York, NY: Crown, 2003a
- Sheldrake, R. 'Set them free'. *New Scientist*. 19 April 2003b.

- Sheldrake, R. 'Public participation: let the people pick projects'. *Nature*. 432 (2004), 271.
- Sheldrake, R. and Bohm, D. 'Morphogenetic fields and the implicate order'. *ReVision*. 5 (1982), pp. 41–8.
- Sheldrake, R., McKenna, T. and Abraham, R. *The Evolutionary Mind: Conversations on Science, Imagination and Spirit*. Rhinebeck, NY: Monkfish Books, 2005
- Siegelman, H.W. 'Phytochrome'. *Physiology of Plant Growth and Development*. Wilkins, M.B. (ed.). London, UK: McGraw-Hill, 1968
- Singh, S. *The Big Bang*. London, UK: Fourth Estate, 2004
- Sinnott, E.W. *The Problem of Organic Form*. New Haven, CT: Yale University Press, 1963
- Skinner, B.F. *The Behaviour of Organisms*. New York, NY: Appleton Century, 1938
- Sleigh, M.A. 'Co-ordination of the rhythm of beat in some ciliary systems'. *International Review of Cytology*. 25 (1968), pp. 31–54.
- Snoad, B. 'A preliminary assessment of "leafless peas"'. *Euphytica*. 23 (1974), pp. 257–65.
- Spear, N.E. *The Processing of Memories*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1978
- Stanley, S.M. *Macroevolution: Pattern and Process*. San Francisco, CA: W.H. Freeman, 1981
- Stapp, H. 'Quantum mechanical theories of consciousness'. *The Blackwell Companion to Consciousness*. Velmans, M. and Schneider, S. Oxford, UK: Blackwell, 2007
- Stebbins, G.L. *Flowering Plants: Evolution Above the Species Level*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1974
- Stebbins, G.L. and Basile, D.V. 'Phyletic phenocopies'. *Evolution*. 40 (1986), pp. 422–5.
- Stevens, C.F. 'Study of membrane permeability changes by fluctuation analysis'. *Nature*. 270 (1977), pp. 391–6.
- Street, H.E. and Henshaw, G.G. 'Introduction and methods employed in plant tissue culture'. *Cells and Tissues in Culture*. Willmer, E.N. vol. 3. London, UK: Academic Press, 1965, pp. 459–532.

- Suppes, P. A Probabilistic Theory of Causality. Amsterdam, Netherlands: North-Holland, 1970
- Taylor, J.G. and Balanovski, E. 'Is there any scientific explanation of the paranormal?'. *Nature*. 279 (1979), pp. 631–3.
- Thom, R. Structural Stability and Morphogenesis. Reading, MA: Benjamin, 1975a
- Thom, R. 'D'un modele de la science a une science des modeles'. *Synthese*. 31 (1975b), pp. 359–74.
- Thom, R. Mathematical Models of Morphogenesis. New York, NY: Wiley, 1983
- Thomson, W. 'On a universal tendency in nature to the dissipation of mechanical energy'. *Philosophical Magazine*. October 1852.
- Thompson, D'Arcy W. On Growth and Form. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1942
- Thorpe, W.H. Learning and Instinct in Animals. (Second Edition). London, UK: Methuen, 1963
- Thorpe, W.H. Purpose in a World of Chance. Oxford, UK: Oxford University Press, 1978
- Thouless, R.H. From Anecdote to Experiment in Psychical Research. London, UK: Routledge and Kegan Paul, 1972
- Tinbergen, N. The Study of Instinct. Oxford, UK: Oxford University Press, 1951
- Townsend, C., Ketterle, W. and Stringari, S. 'Bose-Einstein condensation'. *Physics World*. 1 March 1997.
- Trachtman, P. 'Redefining robots'. *Smithsonian Magazine*. February 2000, pp. 97–112. van Genderen, M., Koene, B. and Nienhuys, J.W. 'Sheldrake's crystals'. *Skeptical Inquirer*. October/November 2002a, pp. 35–40. van Genderen, M., Koene, B. and Nienhuys, J.W. 'A last reply to Sheldrake'. *Skeptical Inquirer*. October/November 2002b, p. 41.
- Varela, F. Principles of Biological Autonomy. New York, NY: North-Holland, 1979

- Varela, F., Thompson, E. and Risch, E. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge, MA: MIT Press, 1991
- Varela, F.C. and Letelier, J. 'Morphic resonance in silicon chips'. *Skeptical Inquirer*. Spring 1988, pp. 298–300.
- Venter, C. *A Life Decoded*. London, UK: Allen Lane, 2007
- Verveen, A.A. and De Felice, L.J. 'Membrane noise'. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 28 (1974), pp. 189–265.
- Vines, G. 'Hidden inheritance'. *New Scientist*. 28 November 1998, pp. 27–30. von Bertalanffy, L. *Modern Theories of Development*. London, UK: Oxford University Press, 1933 von Bertalanffy, L. *General Systems Theory*. London, UK: Allen Lane, 1971 von Frisch, K. *Animal Architecture*. London, UK: Hutchinson, 1975
- Waddington, C.H. 'Genetic assimilation of the Bithorax phenotyre'. *Evolution*. 10 (1956), pp. 1–13.
- Waddington, C.H. *The Strategy of the Genes*. London, UK: Allen & Unwin, 1957
- Waddington, C.H. 'Genetic assimilation'. *Advances in Genetics*. 10 (1961), pp. 257–292.
- Waddington, C.H. *The Evolution of an Evolutionist*. Edinburgh, UK: Edinburgh University Press, 1975
- Waddington, C.H. (ed.). *Towards a Theoretical Biology. 2: Sketches*. Edinburgh, UK: Edinburgh University Press, 1969
- Walker, E.H. 'Foundations of paraphysical and parapsychological phenomena'. *Quantum Physics and Parapsychology*. Otera, L. (ed.). New York, NY: Parapsychology Foundation, 1975
- Wardlaw, C.W. *Organization and Evolution in Plants*. London, UK: Longmans, 1965
- Watson, J.B. *Behaviorism*. Chicago, IL: Chicago University Press, 1924
- Weiss, P. *Principles of Development*. New York, NY: Holt, 1939

- Whitehead, A.N. *Science and the Modern World*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1928
- Whiteman, J.H.M. 'Parapsychology and physics'. *Handbook of Parapsychology*. Wolman (ed.). New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1977
- Whyte, L.L. *The Unitary Principle in Physics and Biology*. London, UK: Cresset Press, 1949
- Wigglesworth, V.B. *The Life of Insects*. London, UK: Weidenfeld and Nicolson, 1964
- Wigner, E. 'Remarks on the mind-body question'. *The Scientist Speculates*. Good, I.J. (ed.). London, UK: Heinemann, 1961
- Wigner, E. 'Epistemology in quantum mechanics' (1969). *Contemporary Physics. Trieste Symposium*. 1968. International Atomic Energy Authority, Vienna. vol. II, pp. 431–8.
- Williams, R.J.P. 'The conformational properties of proteins in solution'. *Biological Reviews*. 54 (1979), pp. 389–437.
- Willis, J.C. *The Course of Evolution*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1940
- Willmer, E.N. *Cytology and Evolution*. (Second Edition). London, UK: Academic Press, 1970
- Wilson, E.O. *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1975
- Wolff, G. *Mechanismus and Vitalismus*. Leipzig, Germany: 1902
- Wolman, B.B. (ed.). *Handbook of Parapsychology*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1977
- Wolpert, L. 'Pattern formation in biological development'. *Scientific American*. 239(4), (1978), pp. 154–64.
- Woodard, G.D. and McCrone, W.C. 'Unusual crystallization behavior'. *Journal of Applied Crystallography*. 8 (1975), p. 342.
- Woodger, J.H. *Biological Principles*. London, UK: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., 1929
- Young, E. 'Rewriting Darwin: the new non-genetic inheritance'. *New Scientist*. 9 July 2008.

PREFÁCIO À EDIÇÃO DE 2009

¹ Citado em Kennington (2004), p. 11.

² Thomson (1852).

³ Singh (2004).

⁴ Terence McKenna, comunicação pessoal, c.1985, cf. Sheldrake, McKenna and Abraham (2005), Capítulos 8 e 10.

⁵ Para uma discussão mais detalhada da história da ideia de leis eternas da natureza e do seu choque com a ideia de evolução, ver os capítulos 1 a 3 em Sheldrake (1988).

⁶ Sheldrake (1988).

⁷ Para uma excelente revisão deste período de otimismo mecanicista, ver Le Fanu (2009).

⁸ Venter (2007), p. 299.

⁹ *ibid*, p. 300.

¹⁰ *ibid*.

¹¹ Olsen and Varki (2004).

¹² Wall Street Journal, 2 May 2004.

¹³ Howe et al (2008).

¹⁴ Carroll et al (2001).

¹⁵ Gerhart and Kirschner (1997).

¹⁶ Darwin (1905), p. 379.

¹⁷ Dawkins (1982), pp. 164–5.

¹⁸ Young (2008).

¹⁹ Qiu (2006).

²⁰ Sheldrake (1988).

²¹ Dürr (1997), translation in Dürr (2003).

²² Bohm (1980), p. XV.

²³ Dürr (1997), p. 247.

²⁴ Greene (2000).

²⁵ Smolin (2007).

²⁶ Carr (2008).

²⁷ Laszlo (2004).

²⁸ Sheldrake (2003).

²⁹ Sheldrake (2004).

³⁰ Maddox (1981).

³¹ Esta controvérsia foi totalmente documentada na segunda edição deste livro, publicada em 1985 pela editora Blond, em Londres.

³² Josephson (1981).

³³ BBC 2 TV, *Heretics*, 19 July 1994.

³⁴ Dürr and Gottwald (eds.) (1997).

³⁵ Horgan (1996), p. 6.

INTRODUÇÃO

¹ Para uma exposição particularmente lúcida, ver Monod (1972).

² No sentido de Kuhn (1962).

³ Por exemplo Russell (1945); Elsasser (1958); Polanyi (1958); Beloff (1962); Koestler (1967); Lenartowicz (1975); Popper e Eccles (1977); Thorpe (1978).

⁴ Por exemplo, Driesch (1908); Bergson (1911a, b). Para uma discussão da abordagem vitalista, ver Sheldrake (1980b).

⁵ Popper (1965), p. 37.

⁶ Whitehead (1928).

⁷ Por exemplo Woodger (1929); von Bertalanffy (1933); Whyte (1949); Elsasser (1966); Koestler (1967); Leclerc (1972); Varela (1979); Capra (1997).

⁸ Numa conferência sobre “Problemas de Redução em Biologia”, o fracasso da abordagem organísmica em fazer qualquer diferença significativa na condução da investigação biológica foi ilustrado pela ampla concordância entre mecanicistas e organicistas na prática. Isto levou um participante a observar que “os argumentos reducionistas/antirreducionistas entre biólogos podem ter tão pouca relevância e impacto na direção da biologia como argumentos semelhantes conduzidos em abstrato pelos filósofos”. (Ayala e Dobzhansky (orgs.), 1974, p. 85).

⁹ Um relato clássico pode ser encontrado em Weiss (1939).

¹⁰ Por exemplo Elsasser (1966, 1975); de Bertalanffy (1971).

¹¹ Veja-se, por exemplo, a discussão entre C.H. Waddington e R. Thom em Waddington (ed.) (1969), p. 242.

¹² Este ponto é discutido no capítulo final do presente livro.

¹³ Estas evidências são discutidas no Capítulo 11.

CAPÍTULO 1

¹ Huxley (1867), p. 74.

² Ver, por exemplo, Crick (1967) e Monod (1972). Ambos os autores afirmam, provavelmente com razão, que os seus pontos de vista são representativos dos da maioria dos seus colegas. De facto, a abordagem de Crick, menos sofisticada do que a de Monod, aproxima-se provavelmente mais do pensamento da maioria dos biólogos moleculares. Mas a de Monod é a declaração mais clara e explícita da posição mecanicista a surgir nos últimos anos.

³ Gerhart e Kirschner (1997).

⁴ Holland (ed.) (2003).

⁵ Needham (1942), p. 686.

⁶ Driesch (1908).

⁷ Wolff (1902).

⁸ Outro conceito que desempenha o mesmo papel explicativo que o programa genético é o genótipo. Embora este termo seja menos obviamente teleológico, é frequentemente utilizado num sentido muito semelhante ao do programa genético. Numa análise detalhada, Lenartowicz (1975) mostrou que, se o genótipo for simplesmente identificado com o ADN, o seu aparente valor explicativo desaparece.

⁹ Para uma discussão mais completa, ver Sheldrake (1980a).

¹⁰ Dawkins (1976).

¹¹ Numerosos outros exemplos podem ser encontrados em von Frisch (1975).

¹² Ricard (1969).

¹³ Darwin (1905).

¹⁴ Rensch (1959); Mayr (1963); Stebbins (1974).

¹⁵ Goldschmidt (1940); Willis (1940); Stanley (1981).

¹⁶ Crick and Orgel (1973).

¹⁷ Hoyle and Wickramasinghe (1978).

¹⁸ Eigen and Schuster (1979).

¹⁹ Veja-se, por exemplo, as discussões de Beloff (1962), Popper e Eccles (1977).

²⁰ Este problema foi apontado de forma particularmente clara por Schopenhauer (1883).

²¹ D'Espagnat (1976), p. 286.

²² Wigner (1961, 1969); Penrose (1989).

²³ Churchland (1992).

²⁴ Pauen et al. (2006).

²⁵ Hyslop (1998).

²⁶ Ex.: Watson (1924); Skinner (1938); Broadbent (1961).

²⁷ Para discussões críticas, ver Beloff (1962); Koestler (1967); Popper e Eccles (1977).

²⁸ Por exemplo, Damásio (1994).

²⁹ Varela et al. (1991).

³⁰ Chalmers (1996).

³¹ Jung (1959), p. 43.

³² *ibid.*, p. 75.

³³ Sheldrake (2003a).

³⁴ Carter (2007).

³⁵ Ashby (1972) fornece uma bibliografia crítica que abrange a maioria dos aspetos da investigação psíquica, e revisões abrangentes da literatura podem ser encontradas em Wolman (ed.) (1977), Radin (1997) e Sheldrake (2003a).

³⁶ Thouless (1972), Radin (1997, 2006) e Sheldrake (2003a).

³⁷ Taylor and Balanovski (1979).

³⁸ Para uma revisão da literatura teórica, ver Rao (1977).

³⁹ Por exemplo, Radin (2006).

⁴⁰ Ex.: Walker (1975); Whiteman (1977); Hasted (1978).

CAPÍTULO 2

¹ Para um exemplo de como a consideração dos resultados da investigação descritiva pode levar à formulação de hipóteses, ver Crick e Lawrence (1975).

² Carroll et al. (2001), p. 47.

³ Wolpert (1978).

⁴ King e Wilson (1975).

⁵ Olsen e Varki (2004).

⁶ *ibid.*

⁷ MacWilliams e Bonner (1979).

⁸ Sheldrake (1973).

⁹ Para uma discussão teórica deste problema, ver Meinhardt (1978).

¹⁰ Roberts e Hyams (eds.) (1979).

¹¹ Nicolis e Prigogine (1977).

¹² Kauffman (1994).

¹³ Huxley (1867), p. 74.

¹⁴ In Driesch (1914), p. 119.

¹⁵ Driesch (1929), p. 290.

¹⁶ Driesch (1908), Vol. 1, p. 203.

¹⁷ Driesch (1929), pp. 152–4, 293.

¹⁸ *ibid.*, pp. 135, 291.

¹⁹ *ibid.*, p. 246.

²⁰ *ibid.*, p. 103.

²¹ *ibid.*, p. 246.

²² *ibid.*, p. 266.

²³ *ibid.*, p. 262.

²⁴ Eddington (1935), p. 302.

²⁵ Eccles (1953).

²⁶ Por exemplo Caminhante (1975); Whiteman (1977); Apressado (1978); Lawden (1980).

²⁷ Para uma discussão destas influências e um relato do desenvolvimento subsequente das ideias organísmicas, ver Haraway (1976). O melhor resumo inicial da abordagem organísmica à morfogénese é de von Bertalanffy (1933).

²⁸ Gurwitsch (1922).

²⁹ Para uma exposição sistemática das ideias de Weiss, ver os seus *Princípios de Desenvolvimento* (1939).

³⁰ Waddington (1957), Chapter 2.

³¹ Thom (1975a).

³² *ibid.*, pp. 6–7.

³³ Abraham e Shaw (1984).

³⁴ Thom (1983).

³⁵ Waddington nem sequer explicitou o fundo orgânico dos seus conceitos, pela razão explicada na seguinte passagem, escrita perto do final da sua carreira:

Como sou uma pessoa não agressiva e vivia num período agressivamente antimetafísico, optei por não expor publicamente estas visões filosóficas. Um ensaio que escrevi por volta de 1928 sobre ‘A Controvérsia Vitalista-Mecanicista e o Processo de Abstração’ nunca foi publicado. Em vez disso, tentei aplicar a perspectiva whiteheadiana em situações experimentais específicas. Assim, os biólogos desinteressados em metafísica não se apercebem do que está por detrás dela – embora geralmente reajam como se sentissem um desconforto obscuro. (Waddington (ed.), 1969, pp. 72–81).

³⁶ Em Waddington (ed.) (1969), pp. 238, 242.

³⁷ Por exemplo, Elsasser (1966, 1975); von Bertalanffy (1971). Para uma discussão sobre este ‘organismo mecanicista’, ver Sheldrake (1981).

³⁸ Goodwin (1979), pp. 112–3. Ver também Goodwin (1994).

³⁹ Carroll et al. (2001).

⁴⁰ Bolker (2000).

⁴¹ Gilbert et al (1996).

CAPÍTULO 3

¹ Uma excelente introdução ao problema da forma orgânica é fornecida por Sinnott (1963).

² Para uma discussão sobre este problema, ver Thom (1975a).

³ *ibid.*, p. 320.

⁴ Thom (1975b).

⁵ Para uma discussão sobre a limitada relevância da Teoria da Informação para a biologia, ver Waddington (1975), pp. 209–30.

⁶ Alguns matemáticos tornam-no explícito, como Penrose (1989).

⁷ Numerosos exemplos da combinação de aspetos da filosofia organicista com a especulação explicitamente neoplatónica são fornecidos por Ruyer (1974) no seu relato de um pequeno grupo neognóstico nos Estados Unidos, cujos membros incluem vários cientistas proeminentes.

⁸ Ver Emmet (1966).

⁹ Pauling (1960), p. 220.

¹⁰ Helgaker et al. (2004).

¹¹ Pauling (1960), p. 543.

¹² Maddox (1988).

¹³ Dunitz e Scheraga (2004).

¹⁴ *ibid.*

¹⁵ Sanderson (2007).

¹⁶ Anfinsen e Scheraga (1975).

¹⁷ Para uma revisão, ver Nemethy e Scheraga (1977).

¹⁸ <https://predictioncenter.org/casp1-9/description.cgi?casp=CASP6>

¹⁹ Dunitz e Scheraga (2004).

²⁰ Anfinsen e Scheraga (1975).

²¹ Cf. o “princípio das classes finitas” de Elsasser (1975).

²² Esta distinção entre causalidade formativa e causalidade energética assemelha-se à distinção aristotélica entre “causas formais” e “causas eficientes”. Contudo, a hipótese de causalidade formativa desenvolvida nos capítulos seguintes difere radicalmente da teoria de Aristóteles, que pressupunha formas eternamente dadas.

²³ Do ponto de vista teórico, o papel causal dos campos morfogenéticos pode ser analisado em termos de ‘condicionais contrafactuais’. Para uma discussão sobre estes últimos, ver por exemplo Mackie (1974).

²⁴ Arthur Koestler sugeriu o uso do termo holon para tais ‘sistemas abertos autorregulados que exibem tanto as propriedades autônomas do todo como as propriedades dependentes das partes’ (in Koestler e Smythies (orgs.) (1969), pp. 210–11). Este termo tem uma aplicação mais vasta do que o termo unidade mórfica – inclui, por exemplo, estruturas linguísticas e sociais – mas representa um conceito muito semelhante.

CAPÍTULO 4

¹ A identificação de campos morfogenéticos com campos eletromagnéticos é responsável por grande parte da confusão inerente à teoria dos “Campos da Vida” eletrodinâmicos de H.S. Burr. Burr (1972) cita evidências indiscutíveis de que os organismos vivos estão associados a campos eletromagnéticos, que se alteram à medida que os organismos se alteram, mas mais tarde defende que estes campos controlam a morfogênese atuando como “modelos” para o desenvolvimento, o que é uma questão muito diferente.

² Para uma revisão da literatura sobre alterações conformacionais em proteínas em solução, ver Williams (1979).

³ Anfinsen (1973), p. 228.

⁴ Para uma discussão geral sobre a causalidade probabilística, ver Suppes (1970).

⁵ Cf. o conceito de Karl Popper de campos de probabilidade ou propensão (Popper, 1967; Popper e Eccles, 1977).

⁶ Esta sugestão pode estar de acordo com a abordagem da física quântica defendida por Bohm (1969, 1980) e Hiley (1980).

⁷ Este e outros exemplos daquilo a que Thom (1975a) chama “catástrofes generalizadas” são discutidos no Capítulo 6 da sua obra *Estabilidade Estrutural e Morfogênese*.

⁸ Bentley e Humphreys (1962).

⁹ Ver Nicolis e Prigogine (1977). Uma abordagem diferente, mas relacionada, com estes problemas é apresentada por Haken (1977).

¹⁰ Stevens (1977).

¹¹ A teoria do caos fornece modelos para alguns tipos de processos formativos em termos de “atratores estranhos” (Gleik, 1988).

¹² Para uma discussão das teorias de Thompson, ver Medawar (1968).

¹³ Para relatos recentes sobre as propriedades e funções dos microtúbulos, ver Dustin (1978) e Roberts e Hyams (eds.) (1979).

¹⁴ Uma sugestão é que o retículo endoplasmático liso desempenha um papel no transporte das subunidades dos microtúbulos para as regiões onde se agregam (Burgess e Northcote, 1968). A existência de ‘elementos nucleadores’ que podem ou não estar ligados entre si em ‘centros organizadores de microtúbulos’ foi também sugerida por U.B. Tucker, in Roberts e Hyams (eds.), 1979.

¹⁵ Street e Henshaw (1965).

¹⁶ Para exemplos, ver Willmer (1970).

¹⁷ Em alguns casos, os núcleos são destruídos nas fases finais da diferenciação (por exemplo, vasos do xilema nas plantas, glóbulos vermelhos nos mamíferos). Nestes casos, os núcleos poderiam atuar como germes morfogenéticos para o processo de diferenciação até ao ponto em que ainda se encontravam intactos; então, os estádios finais da diferenciação poderiam prosseguir

de forma puramente mecanística através de processos químicos diretos, não sujeitos a ordenação morfogenética, através da libertação de enzimas hidrolíticas.

¹⁸ Em algumas algas, como por exemplo, *Oedogonium*, a membrana nuclear permanece intacta durante a mitose; esta é provavelmente uma característica primitiva do ponto de vista evolutivo (Pickett-Heaps, 1975).

¹⁹ Pickett-Heaps (1969).

²⁰ Clowes (1961).

²¹ Wolpert (1978).

CAPÍTULO 5

¹ Mackie (1974), p. 19.

² Hesse (1961), p. 285.

³ Muitos exemplos de oscilações em sistemas biológicos têm sido descritos. Veja-se, por exemplo, a revisão das oscilações ao nível celular de Rapp (1979).

⁴ A vibração de um sistema provocada por um estímulo energético "unidimensional" pode, de facto, dar origem a formas e padrões definidos: exemplos simples são as "figuras de Chladni" produzidas por areia ou outras pequenas partículas num diafragma vibrante. Ilustrações de inúmeros padrões bidimensionais e tridimensionais em superfícies vibrantes podem ser encontradas em Jenny (1967) e Lauterwasser (2006). Mas isto não é comparável ao tipo de morfogénese provocada pela ressonância mórfica.

⁵ Para discussões sobre a possibilidade de influências causais de eventos futuros, ver Hesse (1961) e Mackie (1974).

⁶ A evidência para a precognição seria relevante para este argumento apenas se os estados mentais fossem considerados, com base em fundamentos metafísicos, como um aspeto dos estados físicos do corpo, ou como ocorrendo paralelamente a eles, ou como epifenómenos destes. Contudo, do ponto de vista do Interacionismo, uma influência de estados mentais futuros não exigiria necessariamente que uma influência física se propagasse "para trás" no tempo. Estas alternativas metafísicas são discutidas mais detalhadamente no Capítulo 12.

⁷ Woodard e McCrone (1975).

⁸ *ibid.*

⁹ Holden e Singer (1961), pp. 80–1.

¹⁰ *ibid.*, p. 81.

¹¹ Woodard e McCrone (1975).

¹² Goho (2004).

¹³ Bernstein (2002), p. 90.

¹⁴ Citado em Woodard e McCrone (1975).

¹⁵ Danckwerts (1982).

CAPÍTULO 6

¹ Parece provável que uma causa importante do envelhecimento, pelo menos a nível celular, seja a acumulação de resíduos nocivos que as células são incapazes de eliminar. Se as células crescerem suficientemente depressa, podem manter-se "um passo à frente" desta acumulação simplesmente porque estas substâncias são diluídas pelo crescimento.

Além disso, nas divisões celulares assimétricas, comuns nos animais e nas plantas superiores, estas substâncias podem ser transmitidas de forma desigual às células-filhas: uma pode ser rejuvenescida à custa do aumento da mortalidade da outra. Assim,

o rejuvenescimento depende do crescimento e da divisão celular: os pontos finais morfogénéticos – as células diferenciadas, os tecidos e os órgãos dos organismos pluricelulares – são necessariamente mortais (Sheldrake, 1974).

² Para exemplos de animais, ver Weiss (1939); para plantas, Wardlaw (1965).

³ A discussão clássica deste ponto elementar, mas importante, encontra-se no capítulo ‘Sobre a Magnitude’ em Thompson (1942).

⁴ Se o sistema se ‘identifica’ com um local específico e se a sua persistência nesse local depende da ressonância mórfica consigo mesmo no passado imediato, a sua resistência a ser movido desse local – a sua massa inercial – deve estar relacionada com a frequência com que essa autorressonância ocorre. A ressonância depende de ciclos característicos de vibração; não pode ocorrer num instante, porque um ciclo de vibração é demorado. Quanto maior for a frequência de vibração, mais recentes serão os estados passados com os quais ocorre a autorressonância; assim, maior será a tendência do sistema para estar ‘preso’ à sua posição no passado imediato.

Por outro lado, quanto menor for a frequência de vibração, menos forte será a tendência de um sistema se ‘identificar’ consigo mesmo num local específico: ele poderá mover-se mais longe em relação a outros objetos antes de ‘perceber’ que o fez.

⁵ Karl Popper, entre outros, defendeu que falar de um dualismo entre partícula e onda levou a muita confusão e sugeriu que o termo dualismo fosse abandonado:

Proponho que falemos, em vez disso (como fez Einstein), da partícula e dos seus campos de propensão associados (o plural indica que os campos dependem não só da partícula, mas também de outras condições), evitando assim a sugestão de uma relação simétrica. Sem estabelecer uma terminologia como esta («associação» em vez de «dualismo»), o termo «dualismo» está condenado a sobreviver, estando todos os equívocos a ele associados; pois ele aponta para algo importante: a associação que existe entre partículas e campos de propensões. (Popper, 1967, p. 41).

Esta proposta parece harmonizar-se bem com a hipótese da causalidade formativa se os campos de propensão incluírem os campos morfogénéticos.

CAPÍTULO 7

¹ A obra clássica sobre este assunto é Bateson (1894).

² Morata e Lawrence (1977).

³ Snoad (1974).

⁴ Carroll et al. (2001).

⁵ Bourguet (1999).

⁶ Fisher (1930).

⁷ Haldane (1939).

⁸ Serra (1966).

⁹ Baldwin (1902).

¹⁰ Grande parte destas evidências é resumida por Semon (1912) e Kammerer (1924).

¹¹ Koestler (1971).

¹² Medvedev (1969).

¹³ Durrant (1974).

¹⁴ Morgan et al. (1999).

¹⁵ Anway et al. (2005).

¹⁶ Young (2008).

¹⁷ Dennis (2003).

-
- ¹⁸ Qiu (2006).
- ¹⁹ Vines (1998).
- ²⁰ Waddington (1956).
- ²¹ *ibid.*, p. 65.
- ²² Waddington (1957).
- ²³ Veja-se a discussão entre C.H. Waddington e A. Koestler em Koestler e Smythies (eds.) (1969), pp. 382–91.
- ²⁴ Waddington (1975), p. 87.
- ²⁵ *ibid.*, pp. 87–8.
- ²⁶ Ho et al. (1983).
- ²⁷ Gibson e Hogness (1996).
- ²⁸ Goldschmidt (1940), p. 267.
- ²⁹ Waddington (1961).
- ³⁰ Lambert et al. (1989).
- ³¹ Stebbins and Basile (1986).

CAPÍTULO 8

- ¹ Hooper (2002). No entanto, experiências recentes fornecem novas e melhores evidências a favor da hipótese da predação por aves (de Roode, 2007).
- ² Declarações abrangentes da posição neodarwinista podem ser encontradas em Huxley (1942); Rensch (1959); Mayr (1963); e Stebbins (1974).
- ³ Goldschmidt (1940); Gould (1980).
- ⁴ Este argumento é apresentado com muitos exemplos por Willis (1940).
- ⁵ Talvez a crítica mais estimulante da teoria mecanicista da evolução seja ainda a Evolução Criadora de Henri Bergson (1911). Bergson não defende que a evolução, no seu todo, tenha um propósito e uma direção. Este argumento é apresentado por P. Teilhard de Chardin (1959). Para uma discussão, ver Thorpe (1978).
- ⁶ Ver, por exemplo, Monod (1972).
- ⁷ Rensch (1959).
- ⁸ Para muitos exemplos instrutivos, ver Darwin (1875).
- ⁹ Rensch (1959); Thompson (1942), pp. Wigglesworth (1964); Lewis (1963, 1978).
- ¹⁰ Thompson (1942), pp. 1094–5.
- ¹¹ Wigglesworth (1964).
- ¹² Lewis (1963, 1978).
- ¹³ Ver o capítulo intitulado ‘Reversão ou Atavismo’ em Darwin (1875).
- ¹⁴ Lewis (1978).
- ¹⁵ Por exemplo, Penzig (1922). Para discussões, ver Dostal (1967) e Riedl (1978).
- ¹⁶ Britten in Duncan and Weston-Smith (eds.) (1977).
- ¹⁷ Rensch (1959).

CAPÍTULO 9

¹ Para o relato clássico, ver Darwin (1880).

² Darwin (1882).

³ Audus (1979).

⁴ Curry (1968).

⁵ Jaffe (1973).

⁶ Siegelman (1968).

⁷ Bunning (1973).

⁸ Satter (1979).

⁹ Bose (1926); Roblin (1979).

¹⁰ Bentrup (1979).

¹¹ As diferentes espécies de ameba diferem em detalhes no seu padrão de movimento e resposta em relação ao tipo bem conhecido de *A. proteus*; assim, *A. limax* forma poucos pseudópodes e geralmente move-se para a frente como uma única massa alongada; *A. verrucosa* move-se lentamente com uma forma quase constante; *A. velata* emite geralmente um pseudópode livre, semelhante a uma antena, na água. No entanto, os princípios gerais de movimento parecem ser os mesmos. Para mais detalhes e referências, ver Jennings (1906).

¹² Warner em Roberts e Hyams (eds.) (1979).

¹³ Sleight (1968).

¹⁴ Jennings (1906).

¹⁵ Eckert (1972).

¹⁶ Por exemplo, Pecher (1939).

¹⁷ Verveen e de Felice (1974).

¹⁸ Katz e Miledi (1970).

¹⁹ Stevens (1977).

²⁰ Katz (1966).

²¹ Conforme abordado no Capítulo 12 do meu livro *A Presença do Passado*.

²² Lindauer (1961).

²³ Ver Thom (1975), Capítulo 13.

²⁴ Jennings (1906).

²⁵ Conforme abordado no meu livro *"A Sensação de Ser Observado"*.

²⁶ Freeman (1999).

²⁷ Hingston (1928).

²⁸ Marais (1971); von Frisch (1975).

²⁹ Hingston (1928).

³⁰ Sheldrake (1988).

CAPÍTULO 10

¹ Kandel (1979).

² Murphy e Glansman (1996).

³ Buchtel e Berlucchi em Duncan e Weston-Smith (eds.) (1977).

⁴ Lashley (1950), p. 478.

⁵ Boycott (1965).

⁶ Pribram (1971).

⁷ Para uma revisão e discussão abrangentes, ver Thorpe (1963).

⁸ Tinbergen (1951), p. 27.

⁹ *ibid.*

¹⁰ Thorpe (1963).

¹¹ Por exemplo, Jennings (1906).

¹² Hinde (1966).

¹³ Thorpe (1963), p. 429.

¹⁴ Spear (1978).

¹⁵ Embora esta ideia, sugerida por Hebb (1949), tenha sido defendida há muitos anos, não foi refutada de forma conclusiva nem apoiada de forma convincente por provas experimentais.

¹⁶ Kohler (1925).

¹⁷ Lotzos (1967), p. 203.

¹⁸ Thorpe (1963).

CAPÍTULO 11

¹ Parsons (1967).

² Brenner (1973).

³ Benzer (1973).

⁴ Manning (1975), p. 80.

⁵ Dilger (1962).

⁶ McDougall (1927), p. 282.

⁷ McDougall (1938).

⁸ McDougall (1930).

⁹ Crew (1936).

¹⁰ McDougall (1938).

¹¹ Crew (1936), p. 75.

¹² Tinbergen (1951), p. 201.

¹³ Agar, Drummond, Tiegs e Gunson (1954).

¹⁴ Rhine e McDougall (1933), p. 223.

¹⁵ Diversas explicações possíveis foram sugeridas na altura em que estas experiências estavam a ser realizadas; são discutidas nos artigos de McDougall, aos quais o leitor interessado deve consultar. Nenhuma destas explicações se revelou plausível após uma análise mais detalhada. Agar et al. (1954) observaram que as flutuações nas taxas de aprendizagem estavam associadas a alterações, ao longo de várias gerações, na saúde e no vigor dos ratos. McDougall já tinha notado um efeito semelhante. Uma análise estatística mostrou que existia, de facto, uma correlação baixa, mas significativa (com um nível de probabilidade de 1%), entre o vigor (medido em termos de fertilidade) e as taxas de aprendizagem na estirpe "treinada", mas não na estirpe "não treinada". No entanto, se apenas fossem consideradas as primeiras 40 gerações, os coeficientes de correlação seriam ligeiramente mais elevados: 0,40 na estirpe "treinada" e 0,42 na "não treinada". Mas, embora esta correlação possa ajudar a explicar as flutuações nos resultados, não explica plausivelmente a tendência geral. De acordo com a teoria estatística padrão, a proporção da variação "explicada" por uma variável correlacionada é dada pelo quadrado do coeficiente de correlação, neste caso $(0,4)^2 = 0,16$. Por outras palavras, as variações no vigor explicam apenas 16 por cento das alterações na taxa de aprendizagem.

¹⁶ McDougall estimou que o número médio de erros na sua primeira geração foi superior a 165. Na experiência de Crew, este número foi de 24 e, na de Agar, de 72; ver as discussões em Crew (1936) e em Agar et al. (1942). Se o grupo de Agar tivesse utilizado ratos da mesma linhagem e seguido os mesmos procedimentos que Crew, a sua pontuação inicial poderia ter sido ainda mais baixa. No entanto, devido à diferente linhagem dos ratos e às diferenças nos procedimentos de teste, os resultados não são totalmente comparáveis. Mesmo assim, a maior facilidade de aprendizagem nestas experiências posteriores é sugestiva.

¹⁷ Brown (1975).

¹⁸ Numerosos exemplos deste tipo de especulação podem ser encontrados em Wilson (1975) e Dawkins (1976).

¹⁹ Por exemplo, Clarke (1980).

²⁰ Tinbergen (1951).

²¹ Thorpe (1963); Bekoff e Byers (eds.) (1998).

²² Dawkins (1976), p. 206.

²³ A linguagem em particular fornece um excelente exemplo da organização hierárquica dos campos motores, e René Thom já iniciou o desenvolvimento de uma teoria da linguagem em termos de creodos; ver Thom (1975a), Capítulo 6.

²⁴ Para uma discussão mais completa sobre o papel da ressonância mórfica na herança cultural, ver o meu livro *A Presença do Passado*, capítulos 14 e 15.

CAPÍTULO 12

¹ Algumas versões da filosofia do materialismo dialético forneceriam, provavelmente, um bom ponto de partida para o desenvolvimento de um materialismo modificado neste sentido. Incluem já muitos aspetos da abordagem orgânica e baseiam-se na ideia de que a realidade é inerentemente evolutiva (Graham, 1972).

² Para um relato histórico e discussão crítica das várias teorias materialistas, ver os capítulos de Popper em Popper e Eccles (1977).

³ A hipótese de que tanto a telepatia como a memória podem ser explicadas em termos de um novo tipo de "ressonância" transtemporal e transespacial entre sistemas complexos semelhantes já tinha sido proposta por Marshall (1960); aliás, a sua sugestão antecipa, em vários aspetos importantes, a ideia de ressonância mórfica. Para uma discussão sobre o papel dos campos mórficos na telepatia animal e humana, ver os meus livros *Dogs That Know When Their Owners Are Coming Home* e *The Sense of Being Stared At*.

⁴ Embora a telepatia e a psicocinese possam ser explicáveis em termos de causalidade formativa, é difícil perceber como é que esta hipótese poderá ajudar a explicar certos outros fenómenos, como a clarividência, que parecem apresentar problemas insuperáveis para qualquer teoria física. Para uma revisão de várias teorias, físicas e não físicas, que têm sido propostas para explicar os fenómenos da parapsicologia, ver Rao (1977).

⁵ Ryle (1949).

⁶ Por exemplo, Eddington (1935); Eccles (1953); Walker (1975). Para uma revisão das teorias quânticas da consciência, ver Stapp (2007).

⁷ Jouvett (1967).

⁸ À luz desta classificação, podem ser reconhecidos dois tipos distintos de teoria dualista ou vitalista. O primeiro, exemplificado nos escritos de Driesch (1908, 1927), postulava a existência de um novo tipo de causalidade responsável por processos biológicos repetitivos e regulares, correspondente à causalidade formativa no sentido atual. O segundo, desenvolvido de forma brilhante por Bergson, enfatizava a causalidade consciente, por um lado (na sua obra *Matéria e Memória*), e a criatividade evolutiva, por outro (em *A Evolução Criadora*), nenhuma das quais podia ser explicada em termos de causas físicas.

⁹ Bergson (1911a).

APÊNDICE A

¹ Sheldrake (1994, 1999, 2003).

² As principais fontes para os pontos de fusão em diferentes datas foram várias edições dos seguintes manuais: Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie, British Pharmacopoeia, British Pharmaceutical Codex, CRC Handbook of Chemistry and Physics e Merck Index. Para além destes manuais, também consultei muitos artigos originais em diversas revistas de química.

³ Estas determinações do ponto de fusão foram realizadas utilizando um aparelho de ponto de fusão com um microscópio de platina aquecida pelo Sr. A. Datta, trabalhando de forma independente. Forneci réplicas de amostras codificadas, bem como uma indicação de uma gama de 10°C dentro da qual o ponto de fusão de cada amostra se deveria encontrar. Este trabalho foi realizado sob a supervisão do Dr. Gwyn Hocking.

⁴ Por exemplo, *Eremothecium ashbyii* (Sebrell e Harris, 1972).

⁵ Sebrell e Harris (1972).

⁶ Merck Index, 1996.

⁷ Altstaedter (1997).

⁸ Clarke et al. (1949).

⁹ Purseglove (1968).

¹⁰ van Genderen et al. (2002a); Sheldrake (2002); van Genderen et al. (2002b).

¹¹ Davis e Oshier (1967).

¹² Dunitz (1991).

¹³ Bernstein (2002).

¹⁴ Hill (2000).

¹⁵ *ibid*, pp. 214–5.

¹⁶ Darwin (1905), p. 377.

¹⁷ Roll-Hansen (2005).

¹⁸ Darwin (1905), p. 379.

¹⁹ Vines (1998).

²⁰ Sheldrake (1992b).

²¹ Sheldrake (1992a), Rose (1992).

²² Hadler e Buckle (1992).

²³ Fisher e Hinde (1949).

-
- ²⁴ Hinde e Fisher (1951).
- ²⁵ Bedechek (1961), p. 157.
- ²⁶ *ibid*, pp. 157–8.
- ²⁷ Hoy (1982).
- ²⁸ Sheldrake (1988), p. 65.
- ²⁹ Guardian, 28 February 1985.
- ³⁰ Daily Telegraph, 3 March 1997.
- ³¹ Daily Telegraph, 23 March 1997.
- ³² Huddersfield Daily Examiner, 27 July 2004.
- ³³ Sheldrake (1990), Chapter 10.
- ³⁴ Schwartz (1997).
- ³⁵ Mahlberg (1987).
- ³⁶ Ertel (1997).
- ³⁷ Schorn et al. (2006).
- ³⁸ Robbins e Roe (2008).
- ³⁹ Sheldrake (1983).
- ⁴⁰ Institute of Noetic Sciences Bulletin, Autumn 1991.
- ⁴¹ Dienes (1994).
- ⁴² Ertel (1997).
- ⁴³ Anderson (1982).
- ⁴⁴ Flynn (1983, 1984).
- ⁴⁵ Flynn (1987).
- ⁴⁶ Neisser (1995); Horgan (1995).
- ⁴⁷ Horgan (1995).
- ⁴⁸ *ibid*.
- ⁴⁹ Varela e Letelier (1988).
- ⁵⁰ Sheldrake (1989).
- ⁵¹ Fedanzo e Wingfield (1988).
- ⁵² Rooke, S., comunicação pessoal, outubro de 2007.
- ⁵³ Trachtman (2000).

APÊNDICE B

- ¹ Bohm (1957).
- ² Bohm (1980).
- ³ Sheldrake e Bohm (1982).

⁴ Como analogia simplificada, considere-se o oceano e as suas ondas. Cada onda surge, ou é «projetada», a partir da totalidade do oceano. Essa onda volta depois a mergulhar no oceano, ou é «injetada» novamente no todo, surgindo então a onda seguinte. Cada onda é afetada pelas ondas anteriores simplesmente porque todas se erguem e caem — ou são projetadas e injetadas — através do oceano inteiro.

Existe, portanto, um tipo de «causalidade» envolvido. Contudo, não se trata de a onda A causar linearmente a onda B, mas de a onda A influenciar a onda B em virtude de ser novamente absorvida pela totalidade do oceano, que depois dá origem à onda B.

Nos termos de Bohm, a onda B constitui, em parte, uma «reprojeção» da «injeção» da onda A, e assim sucessivamente. Cada onda seria, por isso, semelhante às ondas anteriores, mas também diferente em certos aspetos — tamanho, forma exata, etc.

Bohm sugere que existe um tipo de «causalidade», mas mediado pela totalidade do oceano implicado, e não apenas pelas ondas explicadas, separadas e isoladas.

Isto significa, finalmente, que essa «causalidade» seria não local, porque aquilo que acontece em qualquer parte do oceano afetaria todas as restantes partes.

⁵ Isto decorre das reformulações de Bohm da mecânica quântica contemporânea. Na discussão seguinte, Bohm salientará que a mecânica quântica atual, tal como é habitualmente interpretada, não consegue explicar a reprodução das formas passadas nem a noção de processo temporal. Foi em parte essa insuficiência que levou Bohm a propor a «injeção» e a «projeção» através da Ordem Implicada.

⁶ É neste ponto que Bohm, como foi referido anteriormente, discute algumas das insuficiências da mecânica quântica contemporânea — em particular, a sua incapacidade de explicar o processo ou a influência do passado sobre o presente. Em seguida, propõe as suas reformulações — injeção, projeção, Ordem Implicada, entre outras —, que poderão corrigir essas insuficiências. Estas reformulações revelam-se aparentemente bastante semelhantes às teorias de Sheldrake.