

BIOLOGIA MOLECULAR, COMPLEXIDADE, INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO

Não estará aqui em análise o processo histórico e epistemológico que permitiu à biologia molecular interpretar a vida em termos de processamento de informação. Nem tão pouco, se tal aproximação foi fundamentada ou abusiva, pois, muito embora alguns não vejam qualquer necessidade em recorrer ao equipamento teórico da teoria da informação para compreender o mecanismo da reprodução invariante, ou achem mesmo imprópria essa referência, outros há que não hesitam em considerar que «o que os seres vivos acrescentam à matéria inerte não é nem massa nem energia, como disse Wiener, mas somente informação» ⁽¹⁾.

Construída para tratar de problemas de telecomunicações e análise da linguagem, a teoria da informação surge como uma teoria formal da comunicação independente do substracto físico e dos mecanismos pelos quais a transmissão é efectuada. E, porque o «contexto de validade» e o «contexto de descoberta» (para usar os termos de Reichenbach) o proporcionaram, a biologia adoptou-a aplicando-a à explicação da bio-síntese das proteínas, definindo com ela a informação genética, decifrando o código genético e estabelecendo a sua universalidade.

No início dos anos sessenta tudo parecia convidar a assimilar a lógica da hereditariedade à de uma calculadora. F. Jacob afirmava mesmo que «raramente um modelo imposto por uma época encontrara uma aplicação mais fiel» ⁽²⁾.

⁽¹⁾ H. Laborit, *La nouvelle grille*, Laffont, Paris, 1874, p. 23.

⁽²⁾ F. Jacob, *La logique du vivant*, Gallimard, Paris, 1970, p. 285.

A situação evoluiu entretanto de um modo tão drástico que (não falando já das dúvidas que A. Lwoff levantava, ainda nessa época, ao correcto uso do termo pelos biólogos ⁽³⁾), ou, como P. Medawar assinalava, da tendência em confundir: ordem no sentido termodinâmico, ordem no sentido biológico, improbabilidade e quantidade de informação,⁽⁴⁾) se atinge um ponto de quase ruptura que leva o biólogo A. Danchin a comentar: «encontramos ... todo um fundo cultural, fixado em tradições muito antigas que tende a reduzir o vivo a alguns princípios elementares ricos de conotações sócio-políticas (ordem, flutuações, hierarquias e, *mais recentemente, informação*)» ⁽⁵⁾.

É pois pela permeabilidade ideológica, pela ambiguidade e fluidez que o conceito de informação pode envolver que A. Danchin denuncia o seu uso na biologia molecular. É nossa opinião que este biólogo se apercebeu claramente (embora não o explicita) que a utilização do conceito de informação, se pôde, inicialmente, configurar-se como a forma mais hábil de contornar muitas das contradições que sempre dilaceraram o pensamento do vivo (finalidade e mecanicismo, necessidade e contingência, estabilidade e variação), acabou — por uma espécie de efeito perverso, ⁽⁶⁾ por servir de veículo à sobrevivência de uma particular filosofia do vivo que, se não podemos hoje chamar vitalista (M. Piattelli-Palmarini chama-lhe «modelo da chama» ⁽⁷⁾), conserva ainda, senão o «núcleo central», pelo menos, muitas das «cinturas de protecção» (I. Lakatos) desse paradigma clássico.

Normalmente, são, no entanto, de outro tipo os motivos que levam a repensar a ideia de informação em biologia molecular ⁽⁸⁾.

⁽³⁾ A. Lwoff, *Vordre biologique*, Laffont, Paris, 1969.

⁽⁴⁾ P. Medawar, *The art of the soluble*, Penguin Books, London, 1969.

⁽⁵⁾ A. Danchin, *L'oeuf et la poule*, Fayard, Paris, 1983, p. 38.

Sublinhado nosso.

⁽⁶⁾ R. Boudon, *Effets pervers et ordre social*, Puf, Paris, 1977.

⁽⁷⁾ M. Piattelli-Palmarini, (org.) *Théories du langage, Théories de l'apprentissage*, Seuil, Paris, 1979, pp. 19-47.

⁽⁸⁾ O próprio A. Danchin prolonga a sua crítica num plano estritamente científico saudando a abordagem termodinâmica da vida de J. Tonnelat (*Thermodynamique et Biologie*, Maloine, Paris, 2 vol., 1978/1979) como uma via coerente para num plano estritamente mecanicista interpretar a vida sem passar pelas analogias muitas vezes precipitadas entre entropia e desordem tal como resultam em Boltzmann, nem tão pouco pela dialéctica de Brillouin. Cf. A. Danchin, «Entropie et ordre biologique» em *La Recherche*, Paris, 92, (1978), pp. 788-791.

Eles prendem-se sobretudo por um lado, com as lacunas do conceito tal como resulta da teoria de C. Shannon e W. Weaver, e que a biologia molecular acabou por evidenciar, por outro, com o facto de se assistir nesta disciplina ao uso generalizado de um vocabulário de natureza informacional (programa, comunicação, código, ruído, redundância, complexidade, etc.) muitas vezes de uma forma simplesmente intuitiva, que não respeita o significado preciso que ele detém na sua formulação matemática.

Realmente, se já não é fácil um exame reflexivo do impacto no pensamento científico em geral da noção de informação, pois, como P. Delattre sublinha, trata-se de um conceito «particularmente ... ramificado em que ao contrário do adágio, a arte (i.é.o uso do conceito) é fácil, a crítica é difícil» ⁽⁹⁾, em biologia ele torna-se particularmente agudo.

É que, quer por razões fundadas (porque se admite que o sistema vivo é realmente um sistema de processamento de informação ⁽¹⁰⁾), ou por simples recurso analógico (vida e informação são entidades distintas mas que se consideram funcionalmente equivalentes de um certo ponto de vista ⁽¹¹⁾), ou até apenas por razões de interesse pedagógico ⁽¹²⁾ ou quando muito simbó-

⁽⁹⁾ P. Delattre, *Teoria geral dos sistemas e Epistemologia*, trad. de José A. Fortunato, A Regra do Jogo, Lisboa, 1981, p. 86.

⁽¹⁰⁾ Cf. H. Laborit, op. cit., ou L. Gatlin, *Information Theory and the living system*, Columbia University Press, New York, 1972.

⁽¹¹⁾ Parece-nos que foi essa a ideia para que evoluíram J. Monod, S. Luria e F. Jacob. Os conceitos informacionais seriam simples instrumentos para manipular a realidade estudada e não propriamente constitutivos dessa realidade — o sistema vivo neste caso particular. «Para os geneticistas e os bioquímicos o «código genético é uma locução útil que designa uma química historicizada graças à qual durante milénios uma triagem efectuada pelas fracas energias de ligação não covalentes, seleccionou apariamentos selectivos e recursivos» M. Piattelli-Palmarini em E. Morin e M. Piattelli-Palmarini (orgs) *Unité de l'homme*, Seuil, Paris, 1974, p. 62.

⁽¹²⁾ «Parece-nos que as especulações mais profundas sobre «informação» e «entropia» não são ainda operatórias, em regra geral, no trabalho dos biólogos moleculares... Encontram-se mais nos textos sobre a biologia que nas publicações de biologia molecular». P. Thuillier, *Jeux et enjeux de la science*, Laffont, Paris, 1972, p. 127.

lico (¹³), o certo é que os biólogos não parecem, de um modo geral, muito interessados em inteirar-se se fazem ou não uma utilização coerente deste seu, pelo menos, instrumento de pensamento.

Enquanto um uso, mesmo incorrecto, da linguagem matemática da teoria da informação não perturba o desenvolvimento normal da investigação biológica, o seu manejo metafórico continua a ser praticado até porque «vai funcionando». Só que, por vezes, é possível dar conta que, porque se acreditou demasiado na analogia, ela se revela como um possível obstáculo a desenvolvimentos futuros. É porque se apercebeu dessa situação que o biofísico H. Atlan enveredou por um trajecto de investigação peculiar que, não recusando a parcial legitimidade da aproximação da teoria da informação da biologia molecular, sugere, ao contrário, que é necessário questionar a teoria matemática e «ver o que de algum modo lhe faltará para responder à utilização que impõem as necessidades dos biólogos» (¹⁴).

Repercursões da debilidade teórica da biologia nas teorias da cognição

Uma outra tarefa se torna necessária também: considerar o que podem implicar (não apenas para o próprio equilíbrio teórico interno da biologia mas para disciplinas que dela se alimentam) essas imprecisões que, se momentaneamente não lhe parecerão a ela perigosas, geram profundas confusões em terrenos que lhe são próximos. É o caso, por ex., das teorias da cognição comum e da epistemologia, como teoria do conhecimento científico.

Admitindo por o que julgamos ser mero bom senso e realismo (e não preconceito antropomórfico) que a evolução realiza um

(¹³) Partindo de uma distinção entre descrições operacionais e simbólicas, F. Varela considera, na linha de H. Maturana, que código, mensagem, informação fazem parte do segundo tipo de explicações, mais de ordem compreensiva, sendo apenas resultado de uma «perspectiva dos observadores». Operacionalmente, basta definir o sistema vivo como um sistema autopoietico. Cf. F. Varela, «Describing the logic of the living. The adequacy and limitations of the idea of autopoiesis» em M. Zenely (org.), *Autopoiesis, a Theory of Living Organization*, Ellsevier, New York, 1981, pp. 37-47.

(¹⁴) H. Atlan, *Entre le cristal et la fumée*, Seuil, Paris, 1979, p. 63.

trajecto em complexidade crescente e que, tal como J. Piaget sugeriu, a cognição pode ser o mais recente produto desse percurso, tentaremos mostrar como a utilização normalmente inconsistente, por parte dos biólogos, de conceitos ligados à teoria da informação, particularmente o de complexidade e dos mecanismos pelos quais ela pode crescer na evolução, perturba de modo profundo a clara equacionação das concepções cognitivas que se situam numa linha evolucionista.

Piaget situou o conhecimento num processo de continuidade funcional e descontinuidade estrutural com a biologia. Se viver e conhecer não se identificam, ao contrário do que sucede de um modo pleno em H. Maturana (¹⁵), a sua análise também não se fica pela simples admissão de uma analogia de estilo semântico que permite a K. Popper defender o famoso princípio «da amiba a Einstein».

Se os processos cognitivos prolongam a adaptação biológica a coerência total de um construtivismo (¹⁶) exigiria que se esclarecesse, por um lado, o que há de específico na cognição em relação à vida. Envolvendo ambos processos cibernéticos de auto-regulação é necessário mostrar (se é que há lugar efectivamente para falar em construtivismo) que o conhecimento trás consigo uma real novidade. Mas, por outro lado, seria preciso encontrar na biologia uma espécie de construtivismo que aproximasse a vida do conhecimento como formas de organização susceptíveis de um desenvolvimento em complexidade crescente.

Será sobretudo a dificuldade em estabelecer nitidamente esta última possibilidade que fará surgir a desconfiança dos biólogos em geral sobre as teorias da cognição de Piaget. Com efeito, ao confrontar em Royaumont as suas teses com N. Ghomsky e J. Fodor, Piaget acabou por ser tido como um pensador de estilo

(¹⁵) «Os sistemas vivos são sistemas cognitivos e viver, como um processo, é um processo de cognição. Este enunciado é válido para todos os organismos com ou sem sistema nervoso». H. Maturana, F. Varela, *Autopoiesis and cognition. The realization of the living*, D. Reidel Publishing Comp., Dord. Boston and London, 1980, p. 13.

(¹⁶) «Falamos... de construtivismo num sentido lato que é o da não reduzibilidade, ou seja, da intervenção de novas propriedades para passar de uma estrutura a outra no decurso da sua elaboração». J. Piaget, *Logique et connaissance scientifique*, Gallimard, Paris, 1967, p. 568.

instrutivista até mesmo vitalista quando a biologia (e não apenas molecular) convidava, ao contrário, a um paradigma selectivista e mecanicista, que só o inatismo de Chomsky parecia respeitar ⁽¹⁷⁾.

Ao mesmo tempo que tentaremos transpor esta polémica para os seus fundamentos biológicos e em especial para a sua dependência do uso, a esse nível, dos conceitos de informação e complexidade, convirá ir notando como ela se prende também com opções que ultrapassando o campo propriamente teórico são temáticas (G. Holton) e sobretudo filosóficas.

Admitindo-se basicamente que a vida e a cognição são formas de organização complexas discute-se, como pano de fundo, se esta é necessariamente produto de uma ordem prévia ou se, de modo aparentemente paradoxal, suporá antes uma injeção de desordem. Já não se fala explicitamente em mecanicismo/vitalismo ou em racionalismo/empirismo. Quer o vitalismo clássico quer o «programa de Locke» são de comum acordo rejeitados. Só que, como atrás sugerimos, sob novas designações e com novos dados duas visões do mundo continuam de pé agora explicitamente sob a égide duma opção entre um princípio de «ordem a partir da ordem» ou de «ordem a partir da desordem».

O paradigma da ordem na vida e no conhecimento

Se um aumento de ordem num sistema só for possível desde que uma ordem anterior o permita, sendo então o seu processo de complexificação espontâneo, não é necessário invocar qualquer tipo de contribuição exterior do meio, em que o sistema evolui, para perceber a sua ontogénese biológica ou cognitiva.

Ora a biologia molecular parece conformar-se em larga medida com este princípio filosófico. É que a ordem prévia na base de todo o processo de complexificação reside no programa genético: a ordem pode aumentar, as estruturas tornarem-se mais complexas porque todo o organismo está equipado com um plano de desenvolvimento e funcionamento que parece permanecer distinto (tanto operacional como conceptualmente) das suas realizações materiais.

⁽¹⁷⁾ Cf. M. Piattelli-Palmarini (org.) *Théories du langage, Théories de l'apprentissage*, op. cit., 1979.

Ou seja a biologia molecular admite que a informação de que dispõe um organismo no seu genoma é suficiente para explicar toda a complexidade do indivíduo formado e que todas as variações possíveis nesse seu «plano informacional» só serão admissíveis nos limites do que ele prescreve. Se já nada convida a pensar num lamarckismo (empirismo) nem sequer é necessário invocar as flutuações aleatórias ou os «ruídos», em termos de teoria da informação, para explicar a complexificação ontogénica em geral. Eles apenas facilitarão ou inibirão o processo de crescimento.

A consonância entre o ontogenismo molecular de J. Monod e o emergentismo de N. Chomsky surge então plenamente na ideia de que a construção de uma estrutura não é uma criação mas uma revelação de uma informação já presente.

Consideremos a inserção filosófica desta posição. «Desde que existem filósofos e até uma época muito recente (fins do séc. XIX ou início do séc. XX) uma das instâncias mais frequentes na argumentação discursiva residiu na utilização de um princípio... segundo o qual o *menos não pode engendrar o mais*. «Esta é a opinião de P. Delattre, que acrescenta»:

«O carácter de evidência ligado a este princípio, em que se pode ver unia espécie de corolário do princípio de causalidade (não pode haver mais <no efeito do que na causa que o produz) parece ter sido sentido como uma necessidade de tal modo forte que nunca se encontra... o seu exame crítico nem sequer a observação do seu uso extraordinariamente frequente»⁽¹⁸⁾.

A biologia e também as teorias da cognição movem-se inconscientemente em muitos casos dentro deste quadro de pensamento. J. Monod do lado da biologia, N. Chomsky ou J. Fodor do lado da gnosiologia, são 'exemplos claros. Para o primeiro, — e de acordo com o físico E. Schrödinger, que já em 1945 defendia que para explicar o comportamento da matéria viva era necessário ter em conta um princípio de «ordem a partir da ordem»⁽¹⁹⁾ —, a morfogénese molecular e macroscópica (tecidos, órgãos, membranas, etc.) explica-se por um processo de constituição espontânea e autónoma de ordem «sem intervenção exterior, sem introdução de nova

⁽¹⁸⁾ P. Delattre, *Teoria geral dos sistemas e Epistemologia*, op. cit. p. 60.

⁽¹⁹⁾ E. Schrödinger, *What's Life?*, Cambridge University Press, 1945, p. 80.

informação. A informação estava já presente mas inexplicada nos constituintes. A construção epigenética de uma estrutura não é uma criação é uma revelação»⁽²⁰⁾. Seria mesmo falso paradoxo a ideia de um enriquecimento «informativo epigenético (termo que usa num sentido mais próximo de ontogenético), o que convida a pensar que será legítimo reduzir a quantidade de informação de um organismo à quantidade de informação do seu DNA (ácido desoxirribonucleico).

DNA que, acrescenta-se, de acordo com o «dogma central» da biologia molecular «não aceita ordens do exterior no que respeita à sua composição interna»⁽²¹⁾. E que só as aceita quanto à sua actividade sofrendo modificações por acção do meio o que permite falar em centos casos em epigenese que, sublinhe-se, é apenas uma modificação não hereditária do mecanismo de expressão dos genes e não da estrutura do próprio genoma.

Daqui resulta que compreender o comportamento adaptativo de bactérias frente a um particular agressor do meio (um determinado antibiótico, por ex.) é, em termos informativos, supor que a sobrevivência de alguns fenótipos só se entende porque a informação particular necessária para essa «resistência à ameaça era já uma possibilidade presente à partida no genoma de alguns desses organismos. Ao contrário do que supôs Piaget, uma perturbação na base de uma variação fenotípica não pode, por repercussão de próximo em próximo acabar por sensibilizar os genes reguladores. A biologia molecular raciocina, como F. Jacob lhe observou em Royauumont, considerando que é necessário ser cauteloso com a ideia de auto-regulação: «só há regulação sobre estruturas e com estruturas que existem e que estão aí para regular, estruturas que em biologia são igualmente prescritas pelos genes; elas ajustam sem dúvida a margem de manobra que é permitida mas é uma vez mais o genótipo que prescreve os limites»⁽²²⁾.

Tal situação não instrutiva, conforme ao espírito do neodarwinismo (não de Darwin, que acreditava na hereditariedade dos caracteres adquiridos) foi demonstrada ainda em 1943 por

⁽²⁰⁾ J. Monod, *L'hasard et la necessite*, Seuil, Paris, 1970, p. 109.

⁽²¹⁾ Luís Archer, *Genética Molecular*, Brotéria, Lisboa, 1976, p. 241.

⁽²²⁾ F. Jacob em M. Piattelli-Palmarini (org.) *Théories du langage, Théories de l'apprentissage*, op. cit. p. 101.

S. Luria e M. Delbrück que inventaram um teste estatístico pelo qual era possível mostrar que as bactérias mutantes existiam antes da exposição ao agente selectivo necessário para revelar a sua existência, quer dizer, o meio desempenha apenas um papel de revelador de mutações pré-existentes.

Esta verificação experimental ganha consistência teórica ao inserir-se num princípio filosófico de ordem a partir da ordem: a adaptação, traduzida na sobrevivência, é um efeito «menor» de uma causa «maior» — um programa que detém a informação necessária para a solução do problema. Tal princípio desvirtua ao mesmo tempo, a este nível, a necessidade de pensar numa criação de ordem em função da perturbação encontrada. Ou já existia, sob a forma de uma instrução e a bactéria sobrevive, por efeito de selecção, ou não, e ela perece.

A ideia central da biologia molecular «oficial» é pois a de que no «programa» estão inscritas todas as variações admissíveis para a sua expressão, i.é. o fenótipo, embora realização particular do genótipo, abre-se à selecção pelo meio (daí que se fale em interacção) nos limites de uma programação genética rígida. Torna-se assim clara a ideia de «envelope genético».

O aumento de ordem que a ontogénese revela, a complexificação em geral, é pois, na lógica mais imediata da biologia molecular, o resultado do desenvolvimento («desenrolar» quase no sentido dos procedimentos fotográficos, como bem compreendeu M. Piattelli-Palmarini ⁽²³⁾) de um plano organizador subjacente.

A este nível a conformidade às previsões da teoria da informação parece confirmar-se. Toda a perturbação na mensagem genética, todo o «ruído» (que designa os efeitos de perturbações aleatórias) concretizado nos seres vivos em mutações, «erros» na reprodução conforme do seu programa, provoca uma ambiguidade e equivocidade na mensagem que será normalmente paga com a inviabilidade genética.

Daí que engenhosos mecanismos de minimização da mutação tenham sido engendrados ao longo da evolução de modo a, face à falibilidade de replicação correcta do DNA, conseguir uma relativa estabilidade das espécies. Inclusivamente o recurso a uma

⁽²³⁾ M. Piattelli-Palmarini (org.) *Théories du langage, Théories de Vaprentissage*, op cit. p. 30.

certa redundância, sob formas diversas, (por ex. duplicações de cromossomas, cópias adicionais de genes, etc.) contribuiria «shannonianamente» para proteger a informação genética do ruído aleatório⁽²⁴⁾.

Qual a concepção de cognição consonante com estes «resultados» da biologia molecular?

Já em 1970 J. Monod era bem explícito: do mesmo modo que «quando o comportamento implica elementos adquiridos pela experiência eles são-nos segundo um programa, que esse é inato, quer dizer geneticamente determinado... «não há razão alguma para supor que não se passa o mesmo relativamente às categorias fundamentais do conhecimento no homem»⁽²⁵⁾.

N. Chomsky reencontra este pensamento⁽²⁶⁾. Toda a «performance» cognitiva dependerá de uma «competência» possuída pelo sistema em termos informacionais. Denunciando o tradicionalismo de uma atitude metodológica que recusa uma aproximação «naturalista» do espírito (cognição, linguagem), — porque não estudá-lo como se estuda o fígado, por ex.? — Chomsky propõe que se fale de um crescimento do conhecimento e linguagem (e não de uma aprendizagem) tal como se pode falar no embrião de desenvolvimento do fígado ou sistema nervoso.

Do mesmo modo que o comportamento adaptativo dos sistemas vivos face às perturbações do meio depende de uma selecção das informações genéticas de que previamente dispõem, a cognição não envolve qualquer tipo de instrução (nem mesmo sob a forma mais subtil de assimilação, no sentido piagetiano) mas apenas activação de mecanismos pré-incorporados no sistema. O meio pode assim determinar respostas específicas internas mas não determina a forma da resposta.

E, se há lugar para falar em crescimento cognitivo ele deve ser interpretado como desenvolvimento progressivo de estados pré-determinados o que implica uma especialização e restrição das competências.

⁽²⁴⁾ Cf. a propósito L. Archer, *Genética Molecular*, op. cit. pp. 242-245.

⁽²⁵⁾ J. Monod, *L'hasard et la nécessité*, op. cit. p. 169.

⁽²⁶⁾ Cf. intervenções de N. Chomsky no debate com J. Piaget em M. Palmarini (org.), *Théories du langage, Théories de l'apprentissage*, op. cit. e ainda *Reflections on Language*, Pantheon Books, N. Y., 1975.

É ainda pois um princípio filosófico de ordem a partir da ordem, de evolução do mais ao menos, que sustenta esta teoria. Isso é bem visível na argumentação de J. Fodor — a ideia de «enriquecimento» cognitivo, de estruturas (lógicas) mais poderosas, de «aquisição» de novidades durante o desenvolvimento é impossível, por «razões lógicas». É impossível passar de um sistema lógico mais pobre a um sistema mais rico se se entender por aprendizagem a formação e verificação de hipóteses.

«A única teoria intelegível do enriquecimento dos recursos conceptuais faz dele uma função da maturação, porque não existe nenhuma teoria que explique como a aprendizagem pode ter influência sobre os conceitos» (27).

É o mesmo raciocínio não instrutivista e não construtivista que estará por detrás de certo pensamento epistemológico evolucionista contemporâneo. K. Popper representa-o bem: a experiência nada ensina apenas pode estabilizar ou refutar hipóteses. As ideias científicas sobrevivem ou perecem afinal como seres vivos em função das suas disponibilidades informacionais prévias. Finalmente, a verdade só poderá ser «contra-erro» o que é quase deplorável...

Uma coerência científica e filosófica parece assim realizar-se da biologia à epistemologia. É necessário estar atento, no entanto, a que as concepções epistemológicas contemporâneas não são um ponto de chegada em relação aos seus fundamentos biológicos. Elas serviram muitas vezes de ponto de partida à própria construção teórica da biologia. Assim, e para só referir dois exemplos, repare-se como as teses a que chega H. Maturana não serão estranhas ao pendor subjectivista da epistemologia anglo-saxónica. A. Dan-chin é também frequentemente explícito: só há uma teoria da cognição que vale a pena invocar — a de K. Popper, e não é difícil ver como ela actua em muitas das suas opções teóricas em biologia molecular.

Por outro lado, é também evidente que muitos problemas subsistem nestas epistemologias que tomando a biologia como um dos seus pontos de referência conseguem com isso, de um modo paradoxal, desviar-se de uma ideia que a nosso ver e isto é um

(27) J. Fodor, «Fixation de croyances et acquisition de concepts» em M. P.--Palmarini (org.), *Théories du langage, Théories de L'apprentissage*, op. cit. p. 225. Cf. ainda, *The language of thought*, Harvard Univ. Press, Camb. Mass., 1979.

parêntesis, a biologia poderia explicitar de forma concludente — a objectividade intrínseca, embora limitada, do fenómeno cognitivo, como resultado de uma evolução complexificante em que certos sistemas passam, a dado momento, a ser capazes de se mover não apenas no âmbito do «campo informacional» que a sua informação «estrutural» (genética) lhes possibilita mas o alargam, pela capacidade de tratarem informação do meio, um meio que ultrapassa aquele que é simplesmente cartografado pela informação genética de que dispõem. O aparecimento de sistemas nervosos representaria a possibilidade para certos sistemas vivos de passarem a mover-se num «campo informacional» não apenas «estrutural» mas «circulante» (para retomar uma expressão que nos é sugerida por H. Laborit ⁽²⁸⁾), o que envolveria a necessidade de encontrar desde logo, critérios de distinção entre viver (enquanto processo informacional estrutural) e conhecer (enquanto processo de tratamento/integração de informação potencial do meio).

Mas não se trata neste momento de enveredar por essa sugestão. O nosso propósito é antes, insistimos, mostrar como as concepções epistemológicas de base evolucionista incorporam as dificuldades que a própria biologia encerra.

E porque seria agora impossível um exame exaustivo apenas iremos recolher fragmentos significativos que ilustram essa situação.

Dificuldades no uso dos conceitos de informação e complexidade na biologia molecular

A — O nível ontogenético

Notámos atrás que, enquadrando-se preferencialmente num princípio de ordem a partir da ordem, a biologia molecular não nega, evidentemente, que a ordem possa aumentar no desenvolvimento embriológico e na ontogénese mas que isso se explicaria pela existência de um programa informacional pensado como independente das suas próprias realizações materiais.

⁽²⁸⁾ Cf. H. Laborit, *La nouvelle grille*, op. cit. pp. 23-40.

Logo aí uma primeira dificuldade se depara e ela foi notada ainda cedo. Ao contrário do que sucede nas calculadoras electrónicas o programa genético realiza-se à custa dos seus próprios produtos. Ele é não só «auto-reprodutor» como «auto-referencial»⁽²⁹⁾, acabando por se identificar com o funcionamento da totalidade da célula, senão do organismo, o que o assimila a um tipo de programa que nunca ninguém viu: um programa que se confundiria com a máquina programada ou ainda um programa que se determinaria a si próprio⁽³⁰⁾.

Trata-se apenas de uma metáfora, dirão os biólogos. Mas o que é necessário considerar é o que há aqui de transposição rigorosa e legítima da teoria da informação e o que é extensão metafórica, fecunda, é certo, mas levantando tantos problemas quantos os que resolve.

Ora, tendo-se debruçado inicialmente sobre os procariotas a biologia molecular construiu uma lógica dos sistemas vivos à imagem do que lhe sugeria a bactéria. À medida que os eucariotas foram alargando o seu objecto de estudo o quadro altera-se de tal modo que, inclusivamente, será a própria organização dos genes no cromossoma de *Escherichia coli* que se complica também.

Entre a «Lógica do vivo» de F. Jacob (1970) e «L'oeuf et la poule» de A. Danchin (1983) notáveis «anomalias» foram encontradas no paradigma oficial da biologia molecular⁽³¹⁾.

Uma delas será a possibilidade de localizar ou não no genoma a totalidade da informação (do programa) de que depende o desenvolvimento e a ontogénese.

Se inicialmente se pôde pensar, como vimos atrás, que a quantidade de informação dos organismos vivos (com cujo cálculo se pretendia medir a sua complexidade) poderia ser reduzida à quantidade de informação do seu genoma, recorrendo à ideia de que um aumento automático da complexidade estrutural seria possível a partir de um programa relativamente simples, a situação complicou-se consideravelmente quando se deu conta, como J. P.

⁽²⁹⁾ Cf. A. Danchin, *L'oeuf et la poule*, op. dt. p. 117.

⁽³⁰⁾ Cf. H. Atlan, *Entre le cristal et la fumée*, op. cit. p. 22.

⁽³¹⁾ Cf. a propósito, L. Archer, «Como a síntese proteica mudou» em *Brotéria-Cenética*, Lisboa, III, 2-3, (1982), pp. 83-86.

Changeux assinala, de que «uma notável não linearidade existe entre o conteúdo de DNA e a complexidade do cérebro» ⁽³²⁾.

Com efeito, uma estranha evolução existe no conteúdo total de DNA por núcleo celular, das bactérias ao homem. Ele aumenta razoavelmente das bactérias ao rato, por ex., mas deste ao homem, a quantidade total de DNA presente no núcleo do ovo fecundado não muda de maneira significativa enquanto as «peiformances» do cérebro aumentam de maneira espectacular.

O paradoxo é ainda mais manifesto quando se considera, particularmente, o caso do homem: o stock global de genes, uns 200 000 ou mesmo 1 000 000 mostram-se insuficientes para especificar a complexidade das «singularidades neuronais» presentes na rede sináptica do seu cérebro. Oportunamente, J. P. Changeux comenta: «o aforismo «um gene —► uma enzima» de Beadle e Tatum (1941) de modo algum se torna «um gene —► uma sinapse» ⁽³³⁾.

Ainda mais: não bastando ser já limitada a quantidade de genes presentes nos cromossomas, nem sequer é toda ela feita de sequências codificantes, pois que, para além da presença de sequências repetidas em número por vezes muito elevado, muitas sequências intercalares não serão traduzidas em proteínas, permanecendo, aparentemente, silenciosas.

A possibilidade, então, de ligar a complexidade do organismo à quantidade de informação do seu genoma torna-se mais difícil.

É claro que se podem discutir os processos de cálculo da quantidade de informação do DNA baseados numa aplicação da fórmula de Shannon, até quanto mais não seja pela ignorância do que possui realmente sentido informacional no genoma, para além da simples consideração da quantidade de informação da mensagem genética pelo cálculo das probabilidades de aparição dos símbolos (bases ou ácidos animados) ao longo do seu encadeamento linear ⁽³⁴⁾. Mas, pondo por agora de lado essas questões, no entanto fundamentais, aquilo para que gostaríamos de chamar a atenção é o facto de, a este nível de complexidade (sistema nervoso

⁽³²⁾ J. P. Changeux, *L'homme neuronal*, Fayard, Paris, 1983, p. 249.

⁽³³⁾ Id. ib. p. 250. É necessário notar, no entanto, que o próprio princípio «um gene —► uma enzima» foi revisto para «um gene —► várias enzimas».

⁽³⁴⁾ Sobre este ponto sugerimos a leitura dos comentários de H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, Hermann, Paris, 1972,

humano), ser impossível contar apenas com a informação genética contida no DNA (mesmo que se sublinhem os mecanismos celulares de regulação da expressão dos genes, cuja intervenção sequencial ajudará a preencher os aparentes suplementos de informação necessários à realização do programa),

Parece-nos que se a biologia molecular tomasse em consideração o sentido preciso (informacional) do termo complexidade, tal como resulta de Shannon, as dificuldades ampliar-se-iam, mas ganhar-se-ia em coerência teórica. Com efeito — a função H de Shannon representa a «informação que nos falta» e que seria necessária para descrever um sistema natural completamente. Assim ela mede efectivamente a complexidade de um sistema tendo em conta que a complexidade é uma qualidade negativa: um sistema é complexo quando não sabemos como especificá-lo completamente, embora saibamos o suficiente sobre ele para o reconhecer e o designar como sistema ⁽³⁵⁾. «Se o problema da definição precisa da noção de complexidade, como conceito científico fundamental (análogo aos de energia, entropia, etc.) permanece, no entanto, tal como von Neumann notava, ... este conceito pertence, com toda a evidência, ao domínio da informação» ⁽³⁶⁾.

Assim ao considerar que o conteúdo de informação ou complexidade do sistema vivo podia ser completamente determinado pela estrutura informacional do seu genoma, aquela era drasticamente reduzida.

Conhecer o genoma e os mecanismos pelos quais opera reduz a informação que nos falta, i.é. a aparente complexidade do sistema celular. E, se tal conhecimento pudesse ser totalmente conseguido, o sistema vivo não seria realmente complexo (no sentido informacional) pois seria susceptível de ser completamente especificado pelo nosso conhecimento apriori da sua estrutura e funcionamento. O sistema seria então, simplesmente, complicado.

Quem assim nos convida a pensar é H. Atlan, que, ao mesmo tempo, faz notar que a possibilidade de falar, em coerência com a teoria da informação, num crescimento de complexidade na onto-

⁽³⁵⁾ Cf. C. Shannon, W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. of Illinois Press, Urbana III, 1949.

⁽³⁶⁾ H. Atlan, «Du bruit comme principe d'auto-organisation» em *Communications*, Paris, 18 (1972), p. 26.

gênese obriga a admitir que «factores suplementares de organização devem ser procurados nos efeitos do meio. Estes sendo aleatórios (não susceptíveis de conhecimento por parte do observador, um aleatório no sentido próximo do de Cournot) levantam um novo problema do efeito dos factores aleatórios na organização dos sistemas complexos»⁽³⁷⁾.

Quer dizer, ao admitir que a ordem, a complexidade pode aumentar na ontogénese, a biologia molecular não poderia invocar simplesmente o programa, como ordem prévia conhecida. Se o indivíduo formado é mais complexo, (possui mais informação, tal como von Neumann demonstrou) ele envolve necessariamente uma margem de incognoscibilidade da parte do observador, que só é efectiva, se referida à intervenção de perturbações aleatórias, de ruídos, no processo da sua realização. (O problema da complexificação redundava assim num problema epistemológico, se nos explicamos claramente).

Ora, se na bactéria isso pôde parecer, inicialmente, desnecessário, pelo menos, não tão perceptível, no caso da ontogénese e desenvolvimento do sistema nervoso (e há outros casos semelhantes) torna-se absolutamente plausível⁽³⁸⁾.

⁽³⁷⁾ H. Atlan, *L'organisation biologique et la théorie de l'information*, op. cit. p. 75.

⁽³⁸⁾ F. Jacob já em Royaumont no encontro entre Chomsky e Piaget propunha uma outra hipótese para explicar como, com pouca informação, é possível especificar uma grande complexidade: «não existe informação genética suficiente no genoma para descrever em detalhe o conjunto do indivíduo... Os genes não contêm a descrição detalhada de um indivíduo. Contêm um programa que especifica as estruturas celulares e a posição das células. Mas a lógica interna deste programa é completamente desconhecida por agora... Pode-se dizer que as células são confrontadas ao longo da sua história, durante a ontogénese, com um certo número de escolhas binárias sucessivas. Após cada escolha uma nova se apresenta de modo que as células passam por uma série de estados sucessivos.

Deste modo os mesmos sinais podem ser utilizados várias vezes porque têm significações diferentes conforme o estado das células. Daí a possibilidade de termos um sistema de diferenciação muito complexo por uma combinatória de sinais em número limitado». F. Jacob em M. P. Palmarini (org.), *Théories du langage, Théories de l'apprentissage*, op. cit. pp. 132-133. É pois pelo apelo a um conceito que a teoria da informação de Shannon não considera — a significação da informação — que F. Jacob procura uma explicação para um crescimento em complexidade na embriogénese, o que será um sintoma da estreiteza da teoria na sua forma clássica.

Changeux é então levado a admitir (o que nele gerará uma certa desconfiança pelas teses inatistas) que com a suavização do determinismo genético na evolução, uma parte de aleatório permite uma economia considerável de informação genética no desenvolvimento do sistema nervoso que, como vimos, de outro modo, seria insuficiente se tivesse que especificar em todos os seus detalhes um sistema constituído por mais de dez biliões de neurónios interconectados. O sistema oferece-se ao meio com uma redundância notavelmente elevada, concretizada numa grande labilidade das conexões sinápticas, que a intervenção do meio estabilizará ou fará desaparecer.

A ideia de que uma certa desordem (sob a forma de perturbação aleatória) pode ser considerada no processo de complexificação torna-se visível.

A ideia de criação de informação insinua-se no próprio conceito de epigénese, sem envolver qualquer instrução do meio, mas apelando antes a uma concepção dos sistemas vivos como «auto-organizados»⁽³⁹⁾. Não apenas produto de uma ordem (programa) ou de uma desordem (acaso), mas de «si próprios», do que eles, como sistemas, fazem, com o que essas dinâmicas fazem deles.

O que é certo é que a biologia molecular ultrapassa aqui as previsões da teoria da informação. Um dos principais teoremas de Shannon, já o notámos, estabelece que a quantidade de informação de uma mensagem transmitida numa via de comunicação perturbada pelo ruído, só pode diminuir, numa quantidade igual à ambiguidade introduzida neste ruído entre a entrada e a saída da via. Logo, a teoria não está apta a integrar situações de criação de informação a partir das perturbações aleatórias, dos ruídos.

Mas de um modo muito mais flagrante a biologia descobrira já o carácter positivo da perturbação aleatória: quando considerou o vivo na sua evolução filogenética.

⁽³⁹⁾ «A auto-organização pode ser descrita como uma propriedade de um sistema no qual a novidade e a mudança na organização podem ser observadas... A organização — como um processo — de um sistema implica reacções a estímulos. Estes podem ser quer programados, quer aleatórios. Só no último caso o sistema pode ser designado como auto-organizado». H. Atlan, «Hierarchical self-organisation in living systems. Noise and meaning.» em M. Zenely (org.), *Autopoiesis, a Theory of Living Organisation*, op. cit. p. 185.

B — O nível filogenético

O neodarwinismo convidava já, explicitamente, a considerar o ruído aleatório, sob a forma de mutações em geral ou fenómenos de recombinação, como sendo, em parte, o segredo da imensa fertilidade imaginativa da evolução das espécies e da variedade biológica.

«O progresso evolutivo só é possível através dos «erros» não orientados do DNA com a sua elevadíssima probabilidade de fracassos. Por outras palavras, o progresso evolutivo dá-se à custa da desestabilização da sobrevivência dos indivíduos»⁽⁴⁰⁾.

Curiosamente, então, a biologia molecular dos anos sessenta e parte dos anos setenta, admitiu no seu «corpo teórico» uma subtil contradição: a nível do desenvolvimento embriológico e ontogenético não via qualquer necessidade, para explicar o processo de complexificação aí implicado, em invocar a ideia de criação de informação. (Como vimos, a ordem aumentaria graças à ordem contida no programa genético e se parecia haver mais complexidade nuns organismos que noutros, isso devia-se a um alongamento do programa). Mas na evolução filogenética era indiscutível que os processos de complexificação uniam organização e acaso, informação e ruído. A um nível próximo, o da ontogénese, um processo de complexificação realizava-se obedecendo a um princípio de ordem a partir da ordem. A um nível temporal e espacialmente alargado, o da filogénese, a ordem surgia da interposição da desordem.

O equilíbrio interno da biologia exigiria assim que se resolvesse esta descontinuidade nos processos de complexificação e, ao mesmo tempo, que se encontrasse uma consonância com a teoria da informação.

E, no entanto, como encarou a biologia esta situação? Dando-lhe uma cobertura em termos informacionais e sistémicos (uma vez que se dava conta que um dos problemas em jogo era sobretudo o do carácter próprio de sistemas organizados complexos)?

Parece-nos que tais reflexões são normalmente esporádicas nos trabalhos dos biólogos.

A atitude da biologia é aqui sobretudo operacional. Ela procura antes de mais os fundamentos de carácter experimental desta

⁽⁴⁰⁾ L. Archer, *Genética molecular*, op. cit. p. 241.

situação em que paradoxalmente, em termos evolutivos, a desordem dava as mãos à ordem.

Fiel ao espírito de E. Mayr é a selecção que faz aparecer o adaptado, no fundo que o cria, e isso basta-lhe.

Os sistemas vivos sofrem a agressão do meio mas não é deles que depende propriamente a sobrevivência, mesmo que sejam os primeiros a parecer tomar a palavra pela mutação que sofreram...

Mas como pode o sistema (vivo) suportar a perturbação podendo esta inclusive, vir a ser-lhe útil? Esta questão (que pediria também uma resposta em termos sistémicos) a biologia elucidava mostrando, genericamente, como é possível que uma variação propagando-se sem influenciar o genótipo do seu hospedeiro, (embora possa exercer sobre ele efeitos secundários) possa acabar por conferir qualquer vantagem selectiva à sua descendência.

É necessário supor, então, que as zonas redundantes do sistema funcionam não apenas protegendo-o «shannonicamente» do erro, como também como possíveis potenciais evolutivos. Não o fazendo, a biologia fornece, no entanto, abundante material para a compreensão sistémica desta situação ⁽⁴¹⁾.

Falar-se dos seres vivos como sistemas complexos, admitir que a evolução realiza um processo de complexificação crescente é então, (como já o era a própria expressão «programa genético») uma simples imagem metafórica.

F. Jacob que recentemente apresentou um breve trabalho de teorização do processo evolutivo que como «jogo dos possíveis» seria sobretudo resultado de um «bricolage» (ideia que, quanto a nós, não logra traduzir, antes dilui, como acontece na formulação do próprio Darwin, a novidade que a evolução — embora sendo um sistema de poupança que reutiliza os materiais, já disponíveis — envolve) é a este propósito bem revelador:

«A evolução não prevê — um elemento genético não pode ser seleccionado porque poderia um dia ter qualquer utilidade, mas uma vez presente, *qualquer que seja a razão ou ausência de razão da sua presença*, uma tal estrutura pode mostrar-se útil» ⁽⁴²⁾.

⁽⁴¹⁾ Cf. a este propósito C. Petit, E. Zuckerkandl, *Génétique des populations. Évolution moléculaire*, Hermann, Paris, 1976, pp. 257-272.

⁽⁴²⁾ F. Jacob, *Le jeu des possibles*, Fayard, Paris, 1981, p. 82. Sublinhado nosso.

Quanto aos grandes acontecimentos evolutivos como, por ex., a passagem dos procariotas aos eucariotas primitivos, invertebrados a vertebrados, etc, em que se assiste a notáveis aumentos da quantidade de ácido nucleico nos organismos, o problema é imaginar situações que o poderiam ter permitido para lá das simples mutações pontuais: fusões de programas, por ex., duplicações cromossómicas ou, mais recentemente, variações mesmo que mínimas, nos mecanismos de regulação genética. Apontando em termos gerais sempre para a intervenção do acaso (ligado ao aparecimento da mutação, afinal na base desses fenómenos) e da selecção, também estes casos parecem poder dispensar o que se poderia designar como uma teoria geral da organização complexa, i.é. uma explicitação formal, logicamente coerente, de como os sistemas podem, não só responder de modo positivo às variações aleatórias, como, também, por ex., de como a complexificação pode resultar mais do que de variações estruturais (aumento do número de componentes no sistema) de uma complexificação funcional (da dinâmica relacional dos mesmos componentes)⁽⁴³⁾.

Se agora remetermos também aos problemas que atrás enunciámos da difícil conciliação entre um fraco potencial informacional genético face à complexidade organizacional do sistema nervoso e, particularmente, ao facto de uma estranha proximidade na quantidade global de genes (particularmente entre os mamíferos) se aliar a uma forte descontinuidade nas realizações cerebrais — torna-se evidente que a afirmação de um aumento de informação, de complexidade a qualquer nível envolve pelo menos três questões, que interessam não só ao domínio experimental e teórico da biologia molecular, ao duma teoria geral dos sistemas complexos mas que, particularmente, interessarão, também, a uma teorização da complexificação cognitiva:

Como cresce a informação quer a nível filogenético quer ontogenético? Isto é, sob que modalidades biomoleculares, mas também, sob que tipo de mecanismos — à custa de um aumento na variedade dos componentes, na sua redundância, por interposição do ruído, por equilibração (Piaget)?

⁽⁴³⁾ Um desenvolvimento matemático da teoria da informação de Shannon e Weaver aplicado à biologia molecular que nos parece contemplar estes aspectos poderá ser encontrado em L. Gatlin, *Information Theory and the Living System*, op. cit.

Sob que aspecto? Já que, se considerarmos as curvas de crescimento da informação na evolução vemos, tal como já referimos, que não é o mesmo tipo de informação que desde as bactérias ao homem aumenta. Se a quantidade de informação (em bits) contida nos genes cresce sensivelmente pelo menos das bactérias aos mamíferos ela parece estacionar entre os mamíferos, inclusive o homem, e o tipo de informação que avança é então a informação cerebral ⁽⁴⁴⁾.

Onde reside a totalidade da informação? Se a proximidade genética é tão grande, como recentemente se deu conta, sobretudo entre os antropóides superiores, a informação necessária ao funcionamento dos complexos mecanismos de regulação que estarão, possivelmente, na base da sua especiação, reside simplesmente no código que comanda a síntese das proteínas ou este é apenas uma subrotina de um programa mais vasto que envolverá finalmente todo o organismo?

As três questões envolvem-se naturalmente, mas pelo menos ao equacioná-las e ao exemplificar como a biologia só esporadicamente procura a sua formulação teórica julgamos poder chamar a atenção para os problemas que daqui podem decorrer não só para a própria biologia — o que hoje julgamos se começa a notar — mas para as disciplinas que dela dependem.

Para lá do «paradigma da desordem» na vida e no conhecimento

Uma das dificuldades para as teorias da cognição que como a de Piaget fazem do conhecimento um resultado da adaptação biológica — surge logo no próprio entendimento do que é e como se realiza biologicamente esse fenómeno de adaptação. Muito brevemente basta notar que se a adaptabilidade ocasional de alguns organismos, em parte, na base de uma complexificação evolutiva, é possível graças às variações fenotípicas, o esclarecimento da adaptação em geral não fica resolvido pela invocação de um programa, de um plano organizador por mais aberto e flexível que

⁽⁴⁴⁾ Cf. a este propósito, C. Sagan, *Les dragons de L'Eden*, Seuil, Paris, 1980, p. 37.

possa ser no seu desenvolvimento. É necessário de acordo com a concepção não instrutivista da biologia molecular, que num primeiro tempo, subjacente à própria embriogénese, uma mutação, uma perturbação não programada, se tenha inscrito no sistema.

Torna-se então agora claro o comentário final do psicólogo J. Mehler, quando do encontro em Royaumont entre Piaget e Chomsky: mesmo que Chomsky pudesse convencer Piaget da existência de um núcleo fixo inato no conhecimento, Piaget perguntaria ainda como era possível ter-se chegado a essa situação. I.é a pré-programação não ressalva a ideia de criação de novidade em termos evolutivos⁽⁴³⁾.

Um dos principais problemas para Piaget era, no entanto, a necessidade de conciliar os mecanismos dos processos de complexificação a nível ontogénico e filogenético o que se vê nitidamente quando observava que o inatismo envolveria a necessidade de fazer remontar o conhecimento à bactéria.

Ora é certo que os problemas que se podem pôr a um e a outro nível não serão necessariamente decalcáveis. Chomsky parece irrefutável quando responde que os dois níveis são diversos pois, por ex., se os membros do homem são filogeneticamente resultado das asas, não se encontram como tal nos pássaros... (Chomsky retomava assim a noção de uma dualidade de mecanismos de desenvolvimento na filogénese e na ontogénese). Ao mesmo tempo, porém, resulta incómoda esta descontinuidade uma vez que, se a evolução filogenética é descrita em termos de diferenças entre indivíduos adultos, elas são no fundo resultantes de diferenças nos processos de desenvolvimento que produzem esses adultos.

Admitindo que a complexidade evolutiva (o aparecimento da «novidade») exige a presença de flutuações aleatórias (esquema neodarwinista ao qual, no entanto, Piaget dificilmente se conformava) como compreender que em termos de embriogénese e desenvolvimento só com uma maturação segundo as ordens de um programa e a selecção facilitadora ou inibidora do meio, se conseguisse a complexidade que os conhecimentos matemáticos podem testemunhar?

⁽⁴⁵⁾ J. Mehler, «Psychologie et Psycholinguistique» em M. P.-Palmarini (org.), *Théories du langage, Théories de l'apprentissage*, op. cit. p. 497.

A posterior adesão de Piaget às teses de von Foerster ⁽⁴⁶⁾ será a comprovação de como um dos seus problemas centrais na defesa de um construtivismo (talvez, finalmente, duma teoria da invenção) dependia, na verdade, do encontrar de uma teoria dos processos de complexificação em geral.

Ao admitir que o ruído, a perturbação aleatória, pudesse desencadear de uma forma não instrutivista processos de complexificação do sistema cognitivo (por um mecanismo interno a que chamou equilíbrio) Piaget dava a mão ao nível do seu pensamento gnosiológico, a um princípio de ordem a partir da desordem que, no entanto, não conseguiu inserir de uma forma cientificamente aceitável no seu pensamento biológico, talvez porque tentasse compreender os sistemas vivos apenas «de dentro», de um ponto de vista interior à sua organização ⁽⁴⁷⁾.

H. von Foerster defendera tal princípio referindo-se explicitamente aos seres vivos. E. Schrödinger considerava, como em parte atrás referimos, que dois mecanismos diferentes podiam explicar a produção de acontecimentos ordenados: o «mecanismo estatístico» que produz «ordem a partir da desordem» e o novo que produz «ordem a partir da ordem» ⁽⁴⁸⁾. Se o primeiro opera na natureza só o segundo explica o comportamento da matéria viva.

Para von Foerster, porém, «no (seu) restaurante os sistemas auto-organizados não se alimentam só de ordem, também encontram desordem no seu menu». E, para ressaltar a especificidade do seu princípio, chamou-lhe «ordem a partir do ruído» ⁽⁴⁹⁾.

Talvez mais difícil de conciliar com os nossos processos de pensamento, pelo menos no Ocidente, este princípio ocupa hoje em dia um lugar de relevo em muitos espíritos. Filosoficamente equivale, de início, a admitir, agora, que o *menos pode engendrar o mais* e, de acordo com P. Delattre, o ressurgimento da preocupação da sua compreensão epistemológica remontará aos finais do séc. XVIII ⁽⁵⁰⁾.

⁽⁴⁶⁾ J. Piaget, *L'Équilibration des structures cognitives*, Puf, Paris, 1975.

⁽⁴⁷⁾ Cf. a este propósito H. Atlan, *Entre le cristal et la fumée*, op. cit. p. 88.

⁽⁴⁸⁾ E. Schrödinger, *What's life*, op. cit. p. 80.

⁽⁴⁹⁾ H. von Foerster, «*On self-organizing systems and their environments*», Biological Computer Laboratory, Publication 33, Univ. of Illinois, Urbana, 1960, p. 43.

⁽⁵⁰⁾ P. Delattre, *Teoria geral dos sistemas e Epistemologia*, op. cit. p. 62.

A física e a química dão-lhe um lugar destacado: desde os turbilhões líquidos de Bénard às estruturas dissipativas de I. Prigogine e, na cinética química, aos hiperciclos de M. Eigen.

Recentemente H. Atlan propôs a sua formulação teórica como princípio de «complexidade a partir do ruído», instrumento básico na compreensão dos processos de auto-organização e, parece-nos, susceptível de, por forma ajustada com a evolução recente da biologia molecular, integrar uma ideia de construtivismo nos processos de complexificação evolutiva em geral. E isto sobretudo pelo modo como sublinha a dependência desta noção da presença do observador o que, muito brevemente indicámos já.

Um novo capítulo se abriria aqui o que alongaria demasiado este trabalho. Uma última referência, no entanto, pode ser significativa em função das ideias que aqui quisemos defender e que relembramos: a acumulação de paradoxos nas teorias da cognição é uma herança ingrata da sua dependência parcial de uma biologia em depressão epistemológica.

Do construtivismo à evolução criadora

Essa referência centra-se em A. Danchin um dos biólogos que nos parece mais preocupado nos nossos dias em enveredar por uma teorização epistemológica da disciplina. Nele encontramos a argumentação mais forte para a defesa de um paradigma de ordem, mecanicista e selectivista, na biologia o que o torna um interlocutor privilegiado para uma reflexão sobre o lugar dum princípio de ordem pela desordem.

Ultrapassando dificuldades de coerência que atrás apontámos A. Danchin defendeu recentemente, que o esquema formal dos processos de complexificação na evolução pré-biótica, filogenética, ontogenética e epigenética seria do mesmo tipo: «uma estrutura aparece num estado lábil (L) podendo evoluir para um estado estável (E) ou, ao contrário, desaparecer (D) $-N \rightarrow L \rightarrow \begin{matrix} D \\ E \end{matrix}$. A estabilização terá lugar na medida e unicamente na medida em que o sistema funcione, o que dá ao tempo uima importância fundamental⁽⁵¹⁾.

⁽⁵¹⁾ A. Danchin, *Ordre et dynamique du vivant*, Seuil, Paris, 1978, p. 331.

Estabilidade e instabilidade, programa (ordem) e flutuação convivem aqui. Simplesmente não se trata como à primeira vista podia parecer de uma coincidência com um princípio de ordem a partir da desordem no estilo «foersteriano», pois a própria amplitude da flutuação é controlada pelo programa e a flutuação não é entendida (enquanto resultado entrópico) como sinónimo de desordem.

Recusando — por adesão entusiástica à concepção termodinâmica de J. Tonnelat a associação (via Boltzmann, Shannon, Brillouin) entre entropia, informação e desordem — A. Danchin considera que o vector entrópico do real é a condição da complexificação possível dos sistemas pela abertura de possibilidades que encerra. Se daí nos parece derivar uma concepção problemática de complexidade, o que por agora não justificaremos, fica-nos pelo menos um ponto de reflexão:

Ao mesmo tempo que se mostrou um adversário das concepções biológicas de Piaget, é a «Biologia e Conhecimento» (1967) que se refere quando querendo mostrar as limitações do conceito de «fenocópia» sugere que apesar de tudo é necessário admitir hoje a hipótese, ao lado da hereditariedade genética, duma hereditariedade «epigenética»⁽⁵²⁾.

Mais ainda, em nossa opinião, é nele que curiosamente encontramos os argumentos mais sugestivos em favor de uma concepção construtivista em geral (agora quase num sentido filosófico de «evolução criadora» à Bergson) tal como Piaget em certa medida a entendeu.

Ao procurar, com efeito, uma explicação teórica para o aparecimento da vida A. Danchin recorre à tese de D. Hofstadter (1979) de que tal como no teorema de Gödel, sobre os limites dos formalismos, assistimos à possibilidade de um sistema se ultrapassar a si próprio produzindo, por auto-reflexão, uma espécie de «anel estranho» que o leva a sair de si próprio para novamente voltar a si, também o primeiro código biológico seria produto de uma auto-referência ultrapassada. A codificação DNA-RNA-Proteína pode ser compreendida como geradora de «anéis estranhos» à maneira do teorema de Gödel. «A sequência de bases do DNA pode funcionar tanto como *matriz* que permitirá a síntese de uma pro-

(52) *L'oeuf et la poule*, op. cit. pp. 195-209.

teína, como pode ser também somente um *dado bruto*, uma série de bases, eventual substracto de toda a espécie de enzimas»⁽⁵³⁾.

Ora foi exactamente esse tipo de mecanismo superador, auto-referente, que mais impressionou Piaget quando considerou a realização do conhecimento matemático em que «em cada nível... se podem tomar como objectos os elementos dos níveis inferiores e que as próprias operações, bem como as estruturas podem por sua vez, tornar-se objectos matemáticos para uma teoria situada num nível superior»⁽⁵⁴⁾.

Não é apenas o conhecimento matemático que obedece a um construtivismo; é a própria vida, ou talvez se trate de uma estratégia própria a qualquer processo de complexificação em sistemas altamente complexos.

E, foi apenas uma achega a uma reflexão profunda que se impõe: os destinos das teorias da cognição científica estão em grande parte presos aos destinos das teorias do conhecimento corrente. Estas por sua vez dependem cada vez mais da elaboração coerente de uma «teoria do vivo». E a relação não é apenas linear. Também aqui devem existir «anéis estranhos»...

MARIA MANUEL ARAÚJO JORGE

⁽⁵³⁾ Id., ib., p. 181.

⁽⁵⁴⁾ J. Piaget, *Logique et connaissance scientifique*, op. cit. p. 396.