

CIBERNÉTICA E REPRODUÇÃO

Consideremos a massa de água contida em um copo como sendo um universo. Pingando uma gota de corante vermelho hidrossolúvel concentrado nessa água observamos dois fenômenos: a queda da gota para o fundo do copo deixando na sua trajetória um rastro avermelhado devido ao atrito molecular, e sua explosão contra o fundo. A seguir, ocorre o terceiro fenômeno, mais lento, constituído pela difusão das moléculas do corante na massa aquosa. Ao fim de um tempo toda a massa ou todo o universo se apresentará uniformemente tinto de vermelho.

Analisando os diferentes setores do universo logo após a introdução do corante (tempo t_1), a probabilidade de que a concentração do corante seja a mesma em todos os setores, é mínima; ou seja, tende a 0. No entanto, essa probabilidade começa a aumentar após a explosão da gota contra o fundo do copo (tempo t_2). A medida que o tempo se aproxima de t_x , ou seja, que o universo envelhece, aquela probabilidade aumenta até atingir $p=1$ ($t=t_x$).

Em outras palavras, o novo universo, água e corante, tende a passar de um es-

tado de mínima a outro de máxima probabilidade de que a concentração do corante seja a mesma em todos os setores.

No tempo t_1 , e mesmo no tempo t_2 , ainda havia uma certa organização no universo. Isto é, a gota caindo contra o fundo e explodindo. Mas, a seguir, os limites do vermelho começaram a desaparecer até que, dado $t=t_x$, havia apenas a massa amorfa de água vermelha. Ou seja, de um estado de organização passamos para um estado de desorganização ou caos.

Essa experiência exemplifica a teoria de Gibbs, segundo a qual a probabilidade de que todas as respostas sejam as mesmas em todo o universo aumenta à medida que esse universo envelhece. A medida dessa probabilidade denomina-se ENTROPIA. A tendência natural da entropia do universo é de aumentar com o tempo. No universo de Gibbs, portanto, a ordem é o menos provável, e o caos, o mais provável.

O sistema água-corante é um sistema aberto. Exceto o atrito molecular, nada impede que o corante e a água se misturem. E vencer o atrito é questão de tempo.

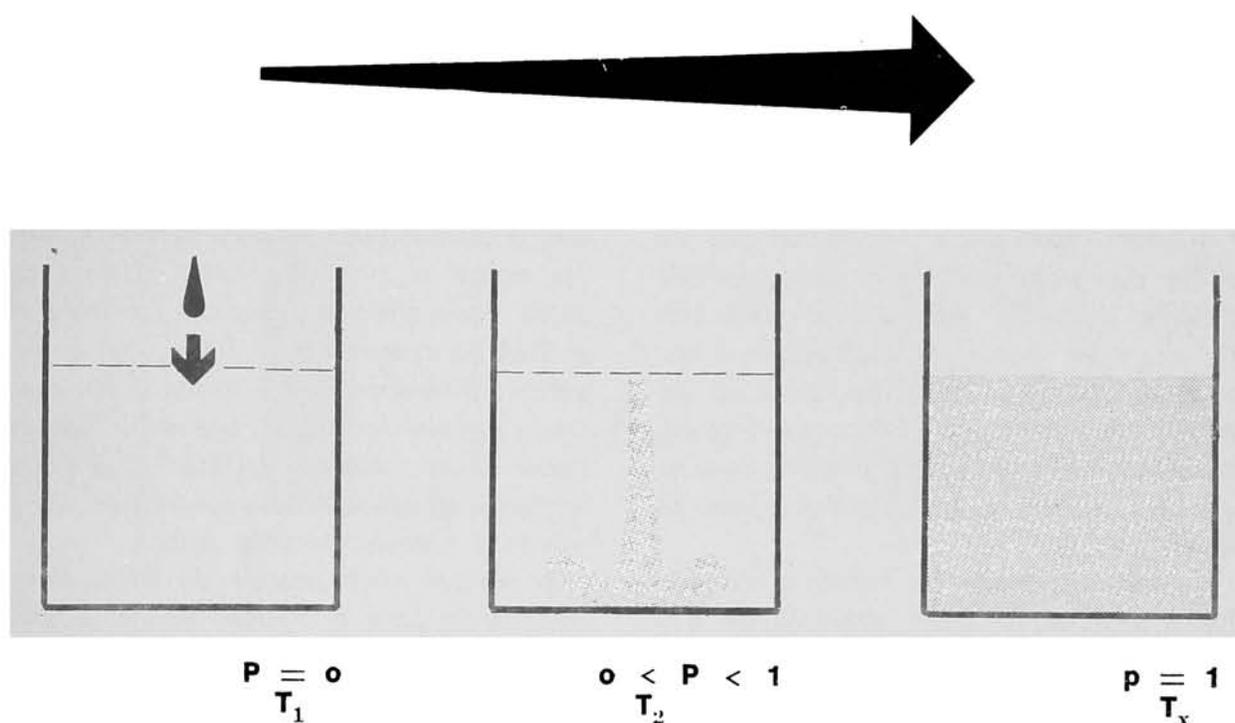


Fig. 1 — Entropia

Imaginemos agora que, antes de pingar o corante na água, se introduzisse verticalmente no copo um dispositivo com forma de haste. E que esse dispositivo impedisse às moléculas do corante a ultrapassagem de limites precisos situados ao redor da haste. Nesse caso o universo seria formado da massa de água cercada uma coluna de água vermelha, ao redor da haste. Enquanto durar a influência do dispositivo, a entropia do universo não sofrerá aumento. A luta contra o caos ou contra a ordem pode ser medida quanto à sua intensidade observando a interface coluna vermelha e água. As moléculas do corante lutando para ultrapassar e difundir; as moléculas de água para integrar e diluir.

O sistema água-corante-haste é um sistema fechado. O dispositivo permite ao corante apenas corar a água dentro de certos limites. Esses limites correspondem àqueles da coluna vermelha.

CIBERNÉTICA é a teoria da comunicação que deve haver entre as moléculas do corante e a haste do dispositivo, de modo a manter corada apenas a coluna

de água ao redor do mesmo. Essa definição corresponde àquela de Wiener: cibernética é a teoria da informação com uma finalidade precisa. Para acentuar as dificuldades naturais enfrentadas pelo cibernético, Wiener também definiu previamente a entropia de Gibbs. Não só no universo corante-água existe entropia, mas em todo o nosso universo. Há uma luta eterna entre duas tendências que se opõem: entropia e cibernética. A primeira, englobante e caotizante. A segunda, diferenciadora e organizadora.

A base da cibernética é o sistema fechado, também chamado de SISTEMA DE RETROAÇÃO ou de RETROALIMENTAÇÃO, traduções do inglês FEEDBACK.

Um exemplo que interessa à especialidade é o ciclo menstrual. Há um dispositivo que fornece uma informação para um receptor: a unidade hipotálamo-hipofisária-ovariana estimula o endométrio com estrógenos. Estes informam retroativamente a UHH do grau de estimulação fornecido. Quando é atingido um limite crítico, a informação é cortada. Então ocorre a menstruação. As falhas, em geral, ocorrem ao nível do regulador, a UHH.

Nesse caso, a secreção aumenta em excesso ou diminui em demasia. Consequentemente, o endométrio sangra demais ou não sangra. A hemorragia ou a amenorréia endócrina são conseqüências do aumento da entropia do sistema.

A rigor, todo ciclo menstrual gira ao redor do limite crítico. O sistema não quer o chamado desempenho esperado da secreção, que é a proliferação endometrial. Quer a proliferação ótima ou desempenho eficaz, para que haja ordem em todos os fenômenos que levam à concepção bem sucedida, finalidade precípua do ciclo menstrual.

O exemplo acima foi bastante simplificado, mas serve como exemplo do que significa na definição de cibernética.

2. CARIÓTIPO

A vida é um sistema fechado. Individualmente, ela é limitada no tempo, mas não no sentido racial. Para continuar a existir ela deve ser reproduzível. Além disso, na sua eterna luta contra o caos ela deve ter a capacidade de transmitir as adaptações que teve necessidade de realizar para continuar sendo um sistema fechado.

Em 1953, Watson & Crick descobriram o modelo molecular exibido pelos ácidos nucleicos que preenchia a essência da vida: 1) capacidade de conter uma informação; 2) capacidade de reprodução; 3) capacidade de sofrer mutação.

A estrutura do ácido desoxirribonucleico assemelha-se a duas espirais que se enrolam ao redor de um eixo imaginário comum, como uma escada espiral cujas barras ligam os esteios.

As espirais são constituídas pela alternância regular de 2-desoxi-D-ribose ligada a um radical fosfato. As barras são pares de bases nitrogenadas: adenina, timina, citosina e guanina. Há dois pares existentes: AT GC, com quatro possibilidades especiais: AT, TA, GC e CG.

A unidade de informação genética é o CÓDON. Ele é constituído pela sucessão

de 3 pares de bases adjacentes na molécula do DNA. A modificação da sucessão de pares ou simplesmente na alteração da possibilidade espacial dá origem a uma mutação.

Jacob & Monod verificaram em 1961 que o cromossoma exercia a sua influência sobre o meio ambiente através do ácido ribonucleico-mensageiro (m-RNA). O m-RNA se assemelha ao DNA, com as seguintes diferenças: 1) é formado por uma única cadeia de ácidos nucleicos ligados entre si por radicais fosfato; 2) a desoxirribose é substituída pela ribose; 3) a timina é substituída pela uracila.

A espiral mais pesada do DNA serve de modelo para o m-RNA. Assim, a uma sucessão de códons corresponde um único m-RNA.

O gen é definido como sendo um conjunto de códons que desempenham uma determinada função; esse conjunto também é chamado de CISTRON. Em geral, na produção de uma proteína cooperam vários genes, sob controle de um gen operador. O conjunto, gen operador e cistrons de estrutura, é denominado OPERON. Cada cistron determina um m-RNA; o gen operador determina a sequência de m-RNA para formar as respectivas enzimas necessárias à síntese de uma determinada proteína.

O sistema é fechado pelo aparecimento do gen regulador. Alguns autores denominam de operon o conjunto assim anteriormente denominado, incluindo o gen regulador. Esse gen produz uma substância denominada repressor (R). A função desse R é de inibir ou ativar o operon de acordo com as necessidades do sistema. Um exemplo é o desenvolvimento dos ductos de Wolff; outro, semelhante, é a proliferação endometrial. Ambos implicam na síntese proteica para hipertrofiar e hiperplasiar uma estrutura. No ducto de Wolff entra a testosterona e, no endométrio, o estrógeno. Em resumo, o hormônio devidamente modificado se combina com o R, formando o complexo RH. O RH ativa, ou melhor, de-reprime o operon até

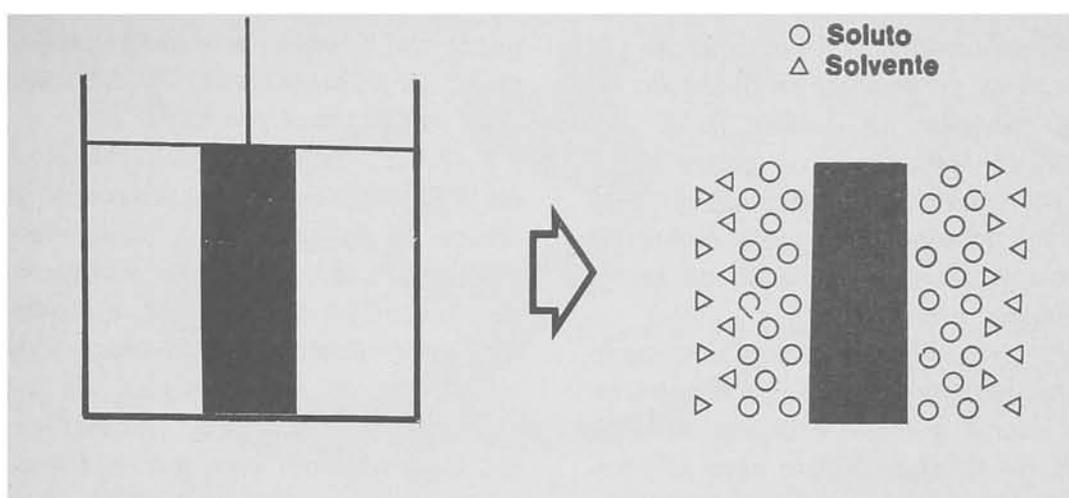


Fig. 2 — Cibernética

então reprimido pelo R, e passa a comandar os cistrons estruturais, cada qual formando uma enzima, na seqüência necessária para formar proteínas necessárias ao desenvolvimento dos ductos de Wolff ou endométrio. Cessado o estímulo — caso do endométrio — ou a necessidade de desenvolvimento — caso do ducto de Wolff — o R volta a reprimir o operon.

O cariótipo é constituído por cromossomas. Cada cromossoma é composto de cromátides. As cromátides, por sua vez, são formadas de espirais duplas de DNA. Portanto, o cariótipo é constituído de uma infinidade de sistemas fechados, cuja resultante é o ser vivo com todas as suas capacidades básicas. O número de cromossomas é muito variável. Vai de 2 a muitas dezenas, exceto nos virus, cujas formas mais simples são constituídas por um só ácido nucleico. No ser humano é de 46.

3. SEXO GENÉTICO

O cariótipo permite a vida do indivíduo e da espécie. O dimorfismo sexual constitui um mecanismo cibernético que visa

a dar mais segurança ao cariótipo contra o aumento da entropia. Com efeito, sendo esse aumento a tendência natural do universo, ele também inclui os sistemas fechados nele contidos. O controle de um sistema fechado por outro sistema, e vice-versa, é uma garantia adicional.

Mesmo nas bactérias existe uma fase de dimorfismo celular, onde duas bactérias trocam informações genéticas, possivelmente para garantir a existência da espécie contra um ambiente sempre desfavorável. Daí a dúvida de Wiener, se no universo existem realmente sistemas hermeticamente fechados.

O homem tem o cariótipo 46,XY, e a mulher 46,XX. Logo no início do desenvolvimento do indivíduo se estabelece a diferenciação sexual. Na espécie humana, o ser masculino é o regulador, impondo através do gonossoma Y modificações no fenótipo básico feminino. A castração efetuada no início da formação das gônadas leva ao fenótipo feminino, qualquer a natureza do cariótipo. Nas aves ocorre o inverso: o ser feminino é o regulador, sendo o fenótipo masculino a estrutura básica.

No homem, 7 semanas após a fecundação os genes situados sobre o gonossoma Y e também sobre o X, pois ambos são necessários para a formação de gônadas perfeitas, induzirão a diferenciação da gônada primitiva no sentido da formação do testículo. No caso da mulher, na 8.ª semana após a fecundação os genes situados sobre ambos os gonossomas X induzirão a sua diferenciação para ovário. O testículo e o ovário constituem os caracteres sexuais primitivos.

Entre o segundo e o quarto mês após a fecundação haverá também a diferenciação dos ductos genitais e órgãos sexuais externos. No fenótipo básico essa diferenciação se efetuará de modo praticamente espontâneo. No homem, a diferenciação é condicionada pela secreção testicular. Essa diferenciação determina os caracteres sexuais primários.

O PAPEL DO GONOSSOMA Y — Com raras exceções não haverá a diferenciação testicular na ausência do gonossoma Y. O cariótipo 45,X dá o fenótipo básico, sem gônadas; isso significa também que o testículo não é simplesmente formado na ausência de dois gonossomas X. Mesmo com vários X, o Y guarda o seu papel de diferenciador masculino. O cariótipo 47,XXY ou 48,XXXY sempre terá testículos, embora azoospermicos. Essa azoospermia é uma defesa contra o aumento da entropia no sentido da desorganização do cariótipo racial.

O Y tem determinantes masculinos que predominam sobre os femininos do X. Ao descrever um cariótipo 46,XY_{qv} ou seja, um gonossoma que somente tem dois braços longos e ausência dos braços curtos, e por isso chamado isocromossoma, Jacobs (1966) verificou que o fenótipo era básico ou feminino. Graças a essa observação se sabe que os genes responsáveis pela diferenciação masculina se localizam no braço curto do Y.

As exceções acima assinaladas dizem respeito ao cariótipo 46,XX com fenótipo masculino e gônadas testiculares azoospermicas. Como esse cariótipo foi encon-

trado na pele, sangue e testículos, foram aventadas várias hipóteses para explicar essa síndrome: cariótipo do tipo mosaico 46,XX/46,XY não detectado; 47,XXY com perda do Y após a diferenciação testicular; ou a translocação de um fragmento do Y sobre um X (46,XXY).

O PAPEL DO GONOSSOMA X — Há certa divergência quanto à necessidade de ambos os gonossomas X na formação do ovário. A observação de mulheres 45,X com menstruações normais, e mesmo férteis, determinou essas dúvidas. Com efeito, mesmo no embrião 45,X os ovários parecem normais no seu desenvolvimento até o 5.º mês de vida intra-uterina, após o que desaparecem as células germinativas, e as gônadas adquirem o aspecto em fita. Esses casos são de difícil explicação, pois mesmo a lyonização de um X, ou seja, a sua transformação em cromatina de Barr na 3.ª semana, bem antes da diferenciação ovariana, que ocorre na 8.ª semana, não significa a exclusão funcional. A interferência parcial do cromossoma heteropícnico no cariótipo foi muito bem documentada em vários casos.

Ao contrário do Y, os determinantes femininos estão localizados quer no braço curto, quer no braço longo. Gônadas em fita foram observadas em indivíduos 46,XX_{qi} e 46,XX_{pv}, isto é, nas isocromossomias para o braço longo e também naquelas para o braço curto do X. Os genes que controlam a estatura e previnem as anomalias somáticas do tipo turneriano se localizam no braço curto do X.

O CONDICIONAMENTO DA DIFERENCIAÇÃO SEXUAL DOS DUCTOS GENITAIS E ÓRGÃOS GENITAIS EXTERNOS — As células germinativas não exercem papel na diferenciação sexual, pois a sua destruição apenas leva à esterilidade gonádica. Esse papel está reservado às células intersticiais, graças à produção de testosterona e de um chamado fator "X" ainda desconhecido.

De acordo com Ohno (1971) os operons masculinizantes e feminilizantes do fenótipo localizam-se no gonossoma X.

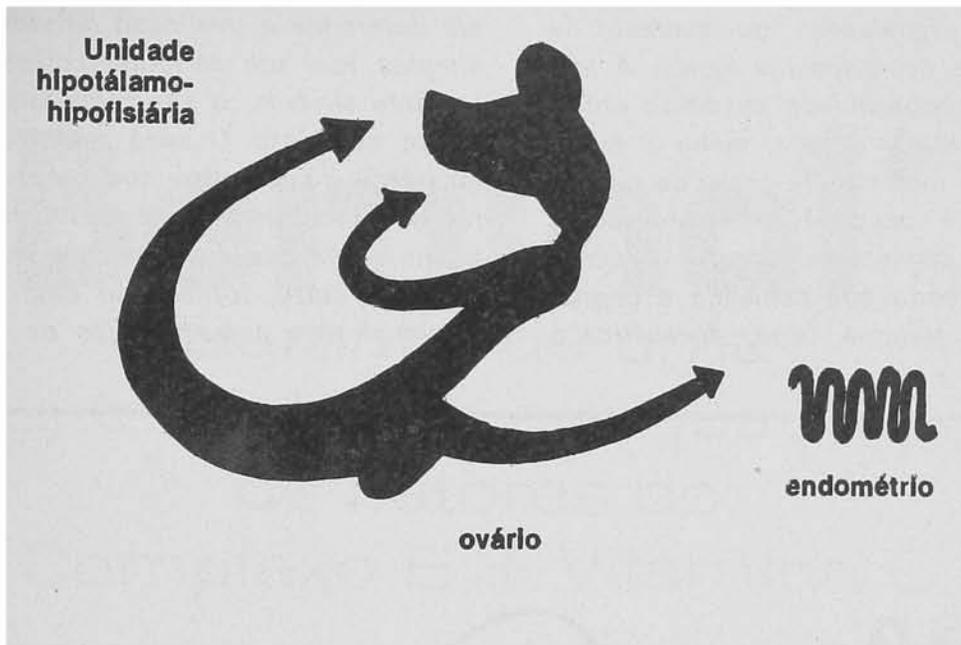


Fig. 3 — Sistema fechado: ciclo menstrual

No Y, apenas se encontra o gen regulador da masculinização. Nesse sentido, o gonossoma X funciona apenas como efetor no fenótipo masculino, e como efetor e regulador no fenótipo básico.

Influenciado pelo regulador, o operon masculinizante diferencia o testículo e as células intersticiais. Estas produzem testosterona, que determina dois efeitos: 1) de-repressão do operon do ducto de Wolff, também situado no X, no sentido da hipertrofia do ducto; 2) de-repressão do operon dos órgãos genitais externos, também localizados no X, com formação da bolsa escrotal, falo e uretra peniana. Além disso, os testículos determinam a regressão dos ductos de Müller, atuando pelo fator "X" em gen possivelmente localizado no gonossoma X. Enquanto que o processo de diferenciação masculina se inicia na 7.^a semana, a regressão dos ductos müllerianos se processa no 3.^o mês. Ao fim de 6 semanas está completada a diferenciação do feto masculino.

Tanto no cariótipo 46,XX como no 46,XY, as células germinativas atingem a gônada indiferenciada ao redor da 3.^a se-

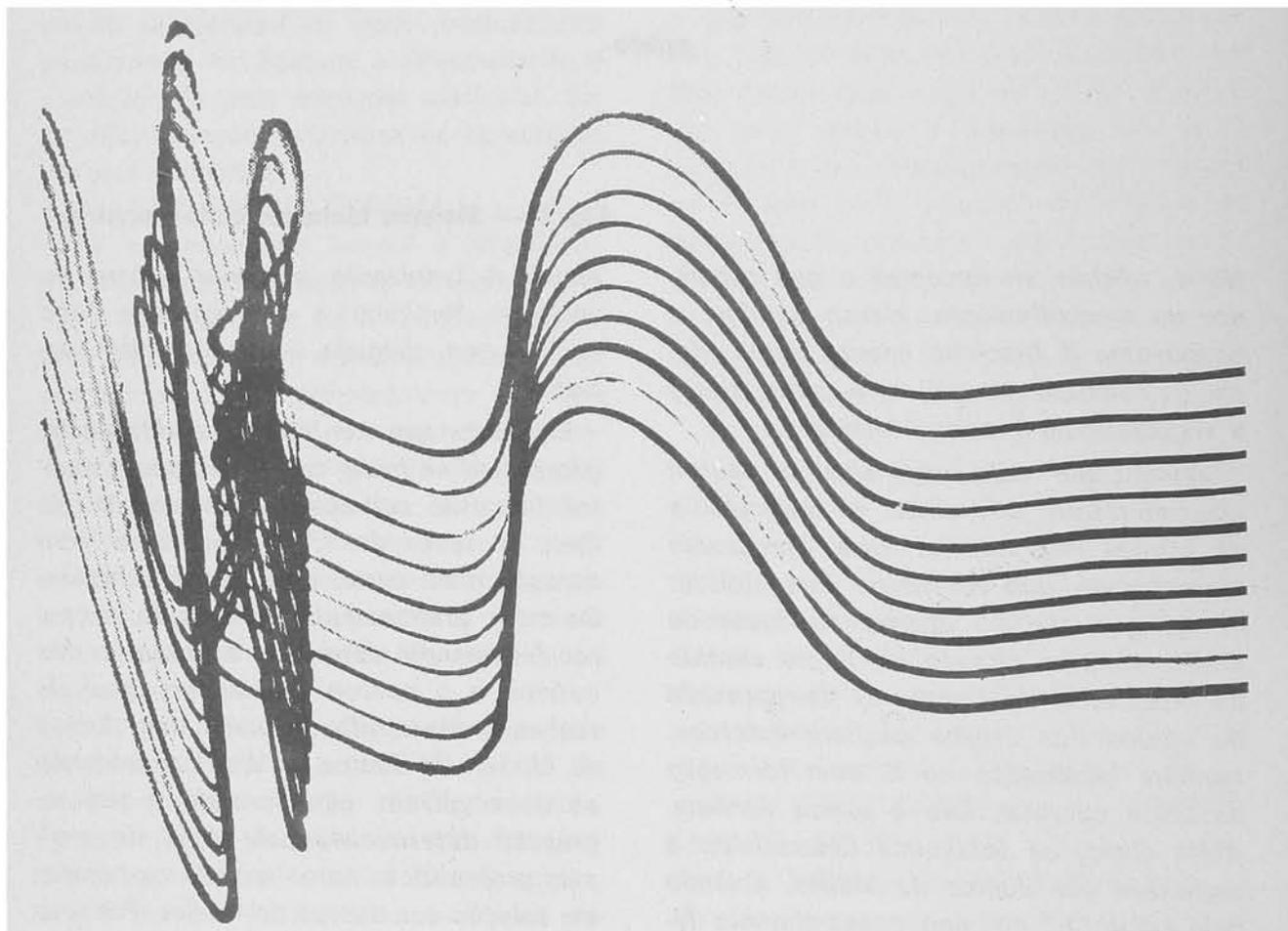
mana. A lyonização somente ocorre no cariótipo feminino e se processa logo após a sua chegada à gônada indiferenciada.

Enquanto que no homem a diferenciação sexual se inicia na 7.^a semana, o mesmo processo começa mais tarde na mulher, ao redor da 8.^a semana, mas com duração mais curta, cerca de 5 semanas. De modo praticamente espontâneo, o operon feminizante determina a formação dos ovários e o operon dos ductos genitais realiza a hipertrofia e fusão dos ductos de Müller. Os ductos de Wolff apenas não se desenvolvem, não havendo a sua regressão determinada pela ação de enzimas proteolíticas como sucede no homem em relação aos ductos de Müller. Por isso é muito freqüente o achado desses restos embrionários na mulher, principalmente como o órgão de Rosenmüller no mesosalpinge e o ducto de Gartner na parede da vagina e do colo uterino. A não de-repressão do operon responsável pela masculinização dos órgãos genitais externos determina o seu desenvolvimento feminino.

4. CONCLUSÃO

No universo há duas tendências que se opõem: o caos e a ordem. Caos significa tendência à igualdades ou aumento da probabilidade de respostas iguais. A medida dessa probabilidade chama-se entropia. Quanto maior o caos, maior a entropia. A vida é uma manifestação de ordem. A vida só é possível estabelecendo-se um sistema energético fechado. A cibernética é a teoria que comanda a organização desse sistema. Logo, cibernética e

entropia são dois conceitos que se opõem. O cariótipo é o responsável direto pela manutenção da vida. Ao mesmo tempo, ele determina a qualidade da vida: o ser simples terá um cariótipo correspondentemente simples; o ser complexo, um cariótipo complexo. O sexo genético é uma qualidade do cariótipo que tende a adaptar e estabilizar a espécie no meio ambiente. Cada espécie tem dois sexos: um regula o outro, fornecendo uma garantia adicional para a manutenção da espécie.



DIENPAX

ansiolítico
tranquilizante

