

APÊNDICE II

SISTEMAS DE HERANÇA

Em uma transição principal, o controle da competição entre as entidades iniciais pode envolver novas formas de armazenamento e transmissão de informações relevantes para o processo evolutivo, ou seja, um novo *sistema de herança* (LAMM, 2014). Por exemplo, todas as células de um mesmo organismo multicelular têm a mesma sequência de DNA, mas ao longo do desenvolvimento do organismo elas se diferenciam em vários tipos distintos, cada um com características e funções específicas. Quando uma célula especializada se divide por mitose, o tipo das células-filhas é o mesmo das células-mãe ou outro tipo ainda mais especializado; assim, um *hepatócito* (célula do fígado) sempre se divide em dois hepatócitos, e certas células-tronco encontradas na medula óssea (tutano) produzem, por mitose, diversos tipos de células presentes no sangue (processo conhecido como *hematopoiese*).

Porém, se tanto o hepatócito quanto a célula-tronco da medula óssea têm o mesmo DNA, como a informação sobre o tipo da célula-mãe é passada para a célula-filha nos dois casos? A resposta é que existe um outro sistema de herança, autônomo em relação ao código genético, que armazena e transmite essa informação adicional durante o ciclo celular. Esse outro sistema é conhecido tecnicamente como “epigenético”.

O sistema de herança epigenético é constituído por vários mecanismos de armazenamento de informações sobre as células e de transmissão dessas informações para suas células-filhas. Por exemplo, a macromolécula de DNA encontra-se normalmente enrolada em torno de proteínas conhecidas como *histonas*, e os padrões espaciais assim formados influenciam quais genes estão ativos na transcrição de proteínas. Portanto, esses padrões espaciais definem diferentes tipos de célula, mesmo que a sequência de bases do DNA seja exatamente a mesma. Além disso, na divisão celular, o

padrão espacial formado pelas histonas pode ser transmitido para as células-filhas durante a replicação do DNA, constituindo, portanto, um canal de transmissão de informações sobre o tipo de célula que está se dividindo.

Outro exemplo de mecanismo do sistema de herança epigenético: algumas das citosinas do DNA podem ter um átomo de hidrogênio substituído pelo radical *metil* ($-\text{CH}_3$), um processo conhecido tecnicamente como *metilação*. Uma molécula de citosina metilada é equivalente à uma citosina *não metilada* no que se refere à informação genética contida no DNA, mas a atividade dos genes durante a transcrição de proteínas é influenciada pelo padrão de *metilação* do DNA de cada célula. Assim, o padrão de metilação do DNA define um tipo de “memória celular” independente da sequência genética. Como o padrão de metilação também pode ser transmitido para as células-filhas durante a divisão celular, a metilação do DNA constitui um outro canal de transmissão de informações sobre o tipo da célula que está se dividindo.

O sistema de herança epigenético permite que diferentes linhagens de células de um mesmo organismo mantenham suas características distintivas ao longo do ciclo celular, apesar de todas essas linhagens terem a mesma sequência de bases nitrogenadas na macromolécula de DNA. Assim, esse sistema de herança é fundamental no processo de desenvolvimento do indivíduo a partir da primeira célula formada na fecundação (zigoto), pois ele permite que células com uma mesma sequência de DNA se diferenciem nos mais diversos tipos de tecidos necessários para o funcionamento do organismo. Sem a presença do sistema de herança epigenético, o organismo multicelular seria apenas um grande conglomerado de células virtualmente idênticas entre si, e não poderia se beneficiar da funcionalidade adicional obtida pela coordenação de vários órgãos (cérebro, coração) e aparelhos especializados (como o digestivo ou o respiratório). Assim, o sistema de herança epigenético teve um papel essencial na transição principal que criou a multicelularidade a partir dos organismos unicelulares (JABLONKA, 1994).

Um sistema de herança que surgiu durante uma transição principal tipicamente continua atuando após a consolidação dessa transição, isto é, depois das novas entidades coletivas tornarem-se evolvíveis (unidades plenas de seleção natural). O próprio código genético constitui um sistema de herança que surgiu em uma etapa da evolução anterior ao advento dos organismos unicelulares e que continua atuando mesmo no processo evolutivo dos organismos multicelulares. Vemos, assim, que a seleção natural já atuava muito antes da existência do DNA e que ela foi a responsável pelo surgimento do próprio código genético, assim como de todos os outros sistemas de herança conhecidos.

Esses exemplos nos mostram que, na Teoria da Evolução, os sistemas de herança não podem ser considerados como dados *a priori*, pois eles são criados pela própria seleção natural durante o processo de evolução da vida, assim como novos níveis de individualidade da hierarquia biológica são criados nas transições principais. Quando um novo sistema de herança é criado, ele passa a atuar paralelamente aos sistemas que já existiam anteriormente, de modo que *a informação relevante para o processo evolutivo encontra-se distribuída em diversos sistemas de herança, cada um deles com seus mecanismos próprios de armazenamento e transmissão desta informação.*

Os seres humanos modernos têm características muito distintas das outras formas de vida conhecidas; por exemplo, vivem em sociedades extremamente complexas, nas quais os indivíduos se comportam de forma cooperativa: tomam decisões coletivas no interesse do grupo, dividem socialmente o trabalho e agem em conjunto na defesa contra inimigos externos. Do ponto de vista da Teoria da Evolução por seleção natural, esse comportamento cooperativo é mais intrigante do que o observado entre os animais eusociais, como formigas e abelhas, pois cada colônia desses animais é formada por indivíduos geneticamente muito próximos (filhos de uma mesma rainha). Por outro lado, as modernas sociedades humanas são compostas por indivíduos geneticamente distintos entre si, que deveriam, teoricamente, ser muito mais pré-dispostos à competição do que à cooperação.

Muitas espécies de mamíferos vivem em manadas ou bandos, como zebras, elefantes e chimpanzés. Entretanto, há uma diferença importante entre esses grupos e as sociedades humanas contemporâneas: em todas estas espécies não humanas, os grupos sociais são organizados de uma forma instintiva, isto é, as estruturas e relações sociais são estabelecidas e mantidas por comportamentos inatos, geneticamente codificados. Como consequência, todos os grupos sociais de uma mesma espécie apresentam organizações sociais muito semelhantes.

A cooperação em larga escala presente nas sociedades humanas, por outro lado, não é sustentada apenas por comportamentos instintivos: é claro que a *cultura* desempenha um papel fundamental na organização social. Em toda sociedade humana, valores e normas sociais contrapõem-se à competição instintiva entre os membros da sua população, e instituições sociais encarregam-se de reprimir os comportamentos incompatíveis com tais valores e normas. Como consequência, as sociedades humanas atuais são extremamente diversas quanto à sua organização social, apesar de serem todas constituídas por animais de uma mesma espécie biológica: os *Homo sapiens*. Isso ocorre porque diferenças culturais são passadas de geração em geração, independentemente da hereditariedade genética.

Assim, do ponto de vista evolutivo, *a cultura é um sistema de herança* que armazena e transmite informações de geração em geração, de diversos modos: pelo *processo de socialização* das crianças e jovens; pelo *aprendizado* de conhecimentos e técnicas e também por simples *imitação*. Em geral, as diversas formas de transmissão de informações evolutivamente relevantes são chamadas tecnicamente de *canais* de um sistema de herança. Assim, socialização, aprendizado e imitação são canais do sistema de herança cultural.