



1

As abelhas poderiam ter sido evitadas?

A forma de vida das abelhas precisou surgir sob condições adequadas na evolução.

O desenvolvimento e a dispersão da vida em nosso planeta transcorrem desde aproximadamente quatro milhões e meio de anos, segundo princípios imutáveis. A partir de regras simples e receitas de fácil compreensão, desenvolveu-se uma esplêndida diversidade e uma admirável complexidade no mundo orgânico.

A força propulsora da dinâmica dessa explosão da vida é a “condenação ao sucesso”, onde ser bem-sucedido significa multiplicar-se mais que o competidor direto. Visto de maneira abstrata, multiplicar-se significa realizar cópias de si mesmo. Se o conceito de cópia for tomado literalmente, pode-se pensar apenas em clones. Nesse sentido, no mundo vivo, somente o genoma (material hereditário) pode produzir cópias autênticas de si mesmo. Os ácidos nucleicos (macromoléculas organizadas em muitos elos de uma cadeia) se impuseram como genoma único. Cada elo dessa cadeia consiste de uma base orgânica, de um açúcar e de um ácido fosfórico. Havendo esses constituintes correspondentes no ambiente de uma cadeia, dela pode ser produzida uma cópia negativa e desta novamente uma cópia negativa, que, então, é uma cópia positiva perfeita da cadeia original.

Depois que esse tipo molecular se desenvolveu em nosso planeta e se impôs frente a possíveis alternativas (para nós, contudo, desconhecidas), começou um interessante automatismo: sucessivas cópias de cópias formam uma linha hereditária nunca interrompida ao longo de bilhões de anos, que se estende até os organismos vivos atuais.

É fácil compreender que essas moléculas, capazes de produzir cópias de si

mesmas, já competiam por componentes elementares dos quais as cópias eram compostas. Já naquela época, as matérias-primas eram raras ou ficaram escassas conforme a demanda. A macromolécula, que conseguiu contar com moléculas auxiliares sob forma de enzimas, as quais possibilitaram um trabalho de cópia ainda mais rápido e mais econômico, suplantou os competidores. Entretanto, para que pudessem nascer novos tipos moleculares, as cópias precisavam ser exatas, embora não totalmente livres de falhas. Os erros de cópia em quantidade aceitável garantiram a chance de variabilidade, sem a qual nada de novo poderia surgir. Este evento mantém-se até hoje. Mutações que originam cópias defeituosas constituem uma fonte importante para o surgimento de diferentes formas de vida. Por meio de constantes novos desvios, que desaparecem rapidamente quando são desfavoráveis ou sobrevivem quando são favoráveis, nasceu uma abundância de variações de cadeias de ácidos nucleicos. Essas diferentes cadeias contêm as instruções que correspondem às informações genéticas dos organismos e que conduzem às diferentes formas de vida.

Não pode ser ignorado que, após um período evolutivo de mais de quatro bilhões de anos, hoje existam tantas moléculas de ácidos nucleicos das mais diferentes composições de cadeias. Contudo, essas cadeias não existem livremente, mas sim na forma de uma quantidade quase incalculável de diferentes “pacotes”.

Qual é a razão para a existência isolada dos ácidos nucleicos escondidos profundamente no interior dos organismos? Não se trata de um ato de discrição: os

ácidos nucleicos estão continuamente “indiferentes”, ocupados em melhorar sua capacidade de copiar devido à competição direta de ácidos nucleicos semelhantes. De que forma o pacote ajuda nisso?

Procurando-se por características que surgiram durante a evolução, desde o genoma original – desprotegido e autorreprodutor – até as formas de vida atuais, fica evidente que:

- Com o tempo surgem estruturas cada vez mais complexas.
- As estruturas surgidas realizam mais que a soma de suas partes.
- As estruturas podem determinar o comportamento de suas partes.

O genoma em si não se torna, absolutamente, cada vez mais complexo. Essas três afirmações anteriormente citadas sobre aparentes tendências da evolução dizem respeito ao “pacote” – ou o chamado fenótipo – do organismo que o genoma usa para enviá-lo à batalha contra outros organismos sob o mote “sobreviva e se reproduza com mais êxito que os outros”.

Como antiga forma complexa de organização, as primeiras células anucleadas formaram-se há cerca de três bilhões e meio de anos. Elas abrangiam o genoma e incluíam muitos componentes funcionais importantes. Células independentes retiravam de seu entorno a matéria e a energia que eram usadas para a multiplicação celular e, com isso, para a multiplicação do genoma. Ainda hoje, encontramos seres unicelulares vivendo livremente; eles desempenham um papel importante, porém discreto, na economia da natureza. Bactérias e seres unicelulares permaneceram nesse estágio da

evolução e, aparentemente, conseguem competir com organismos multicelulares, do contrário eles não existiriam mais. A evolução dos organismos multicelulares teve seu início há apenas 600 milhões de anos, ou seja, quase três bilhões de anos após o surgimento das formas de vida unicelulares. Nesse próximo grande passo, as células, originalmente independentes, organizaram-se em seres multicelulares. Ingressando nesse nível mais elevado de complexidade, pode-se imaginar que as células não se separavam completamente umas das outras após a divisão, mas continuavam vivendo em colônias. Por meio desse acontecimento, foram descobertas as vantagens de duas características decisivas: a divisão de trabalho e a cooperação. Assim, surgiram “veículos” com características, com os quais as moléculas do genoma puderam realizar ainda melhor sua própria multiplicação e propagação.

Por meio da união dos componentes existentes surgiram estruturas mais complexas. Porém, por que as estruturas mais complexas deveriam estar em vantagem? E em que deveria consistir a vantagem?

Uma clara vantagem é a oportunidade de transferir diferentes tarefas aos componentes individuais do complexo. Esse tipo de especialização permite resolver simultaneamente vários problemas, em vez de ter que resolvê-los em sequência, como é o caso nos seres unicelulares não especializados. O surgimento dos especialistas, como os diferentes tipos de organismos multicelulares, propiciou então a integração de suas atividades, abrindo possibilidades totalmente novas de relacionamento com o ambiente. Esse foi claramente um

passo muito bem-sucedido. Os organismos multicelulares determinam a aparência atual do mundo vivo.

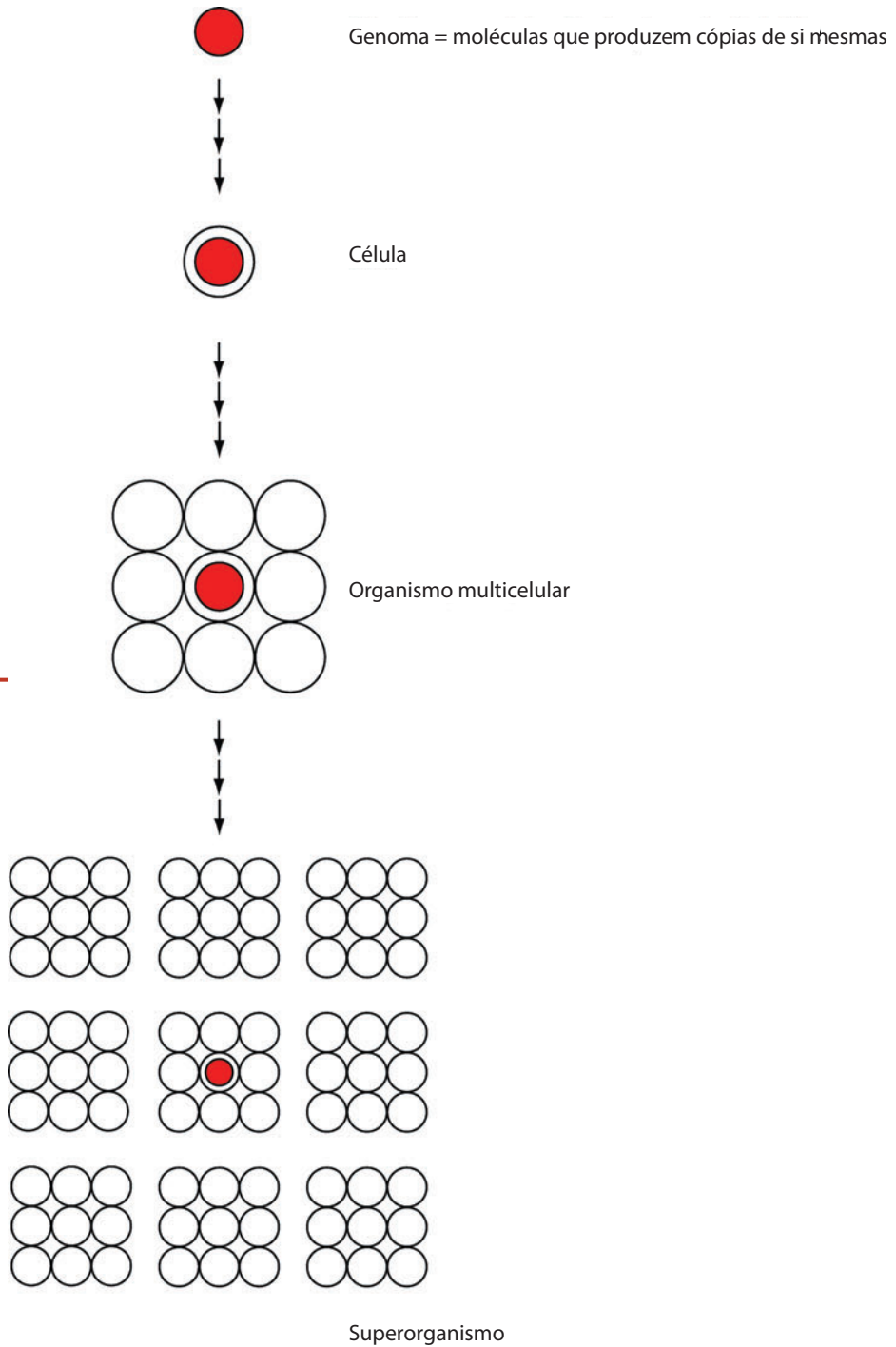
Com o surgimento dos organismos multicelulares, originou-se a morte “programada”. Os veículos, que o genoma criou sob forma de organismos, são mortais, o que é um ponto de partida não muito eficaz na permanente luta da competição. Preservar da mortalidade uma parte das células do corpo, e com isso estabelecer uma “linha eterna de cópias”, foi uma saída para o dilema de ter que compensar o ganho dos sistemas produtivos com a desvantagem de uma duração de vida limitada. Seres multicelulares delegam a transmissão do genoma a células especializadas, os gametas masculinos e femininos. Assim, surgiram as linhagens que ligam as gerações através dos tempos e tornam a transmissão e a propagação do genoma independentes da morte dos portadores.

A montagem de complexas subunidades a partir de componentes estáveis originou organismos multicelulares que resolveram para o genoma o problema da mortalidade.

Os saltos evolutivos quantitativos apresentados até agora têm algo em comum: a união de componentes em estruturas novas, maiores e mais complexas. De cada vez, é acrescentado um novo nível de complexidade. Com cada novo nível de complexidade abriram-se possibilidades totalmente novas no mundo vivo, nas quais não se pensava anteriormente. Seguindo-se esses passos – a fusão de componentes em estruturas superiores –, o próximo salto quantitativo

seria a formação de sistemas vivos ainda mais complexos pela união de organismos independentes em superorganismos (Figura 1.1). Um observador da evolução em nosso planeta poderia ter esperado até que em algum momento surgissem os superorganismos previstos. Esse passo teria de acontecer mais cedo ou mais tarde. A única condição era a existência de matérias-primas apropriadas. Pode-se deixar fluir a imaginação e elaborar um pouco mais esses pensamentos: em algum momento, então, teria de acontecer a união de superorganismos em superorganismos de topo. A evolução, contudo, ainda não chegou neste ponto. Chegará algum dia? Há indícios em determinadas espécies

Figura 1.1 Saltos decisivos quantitativos na evolução da complexidade da vida. Uma linha contínua de elementos que produzem cópias de si e que podem continuar vivendo como cópias (aqui simbolizadas como pontos vermelhos), estendendo-se ininterruptamente do começo da vida até o momento atual. Inicialmente, células individuais detinham a “linha eterna” em seu núcleo, passando o genoma de geração a geração. Quando se reuniram em organismos, essas células foram envolvidas por estruturas cada vez mais complexas, mas a linha continuou através dos seus gametas. Os superorganismos, como as colônias de abelhas, surgiram de organismos individuais, em que a responsabilidade pela continuidade da linha gamética coube apenas às rainhas e aos zangões. Os círculos vazados no diagrama representam os elementos mortais incapazes de fazer cópias de si mesmos, mas desenvolvidos como suporte aos elementos com tal capacidade. Nos organismos individuais, as células somáticas constituem o sistema de suporte; na colônia de abelhas, esse papel é assumido pelas operárias.



de formigas de que um desenvolvimento equivalente poderia estar em andamento.

As abelhas, como se apresentam hoje com uma história de aproximadamente 30 milhões de anos, eram inevitáveis. Elas tiveram que “acontecer” em algum momento. Nos detalhes de suas características, elas poderiam ter diferido: elas não teriam a aparência das abelhas de nossos dias, mas não existe qualquer alternativa competitiva à organização básica do “superorganismo colônia de abelhas”.

As abelhas puderam “acontecer”, no entanto, apenas porque dispunham das condições necessárias para tal. Estimular o surgimento de superorganismos teoricamente é uma coisa, deixá-lo acontecer de fato é outra. Com exceção dos cupins (separados taxonomicamente), superorganismos de notável significado na natureza são encontrados apenas no grupo dos himenópteros – composto pelas formigas, abelhas, mamangavas e vespas. No Capítulo 9 será respondido em que consistem essas condições. Por ora, nos interessam os detalhes do presente; o “domínio do passado” será abordado mais tarde.

Com o superorganismo colônia de abelhas surgiu um sistema altamente complexo, que, como todos os sistemas mais simples, nada mais é do que o veículo para o genoma. Mesmo nesse sistema refinado, o genoma possui o mesmo objetivo que as moléculas no caldo primitivo tinham: sua proliferação deve ser mais bem-sucedida que a do competidor. Moléculas, naturalmente, não perseguem um objetivo. Contudo, ao observar o an-

damento do processo evolutivo, é possível reconhecer que sobrevivem aquelas unidades que se comportam como se buscassem esse objetivo de se copiar repetidamente. Essa maneira de expressão complicada (mas correta) em nome da simplicidade é substituída por formulações menos complexas (mas incorretas) como “as moléculas morrem depois...”, “elas querem...”, “elas perseguem o objetivo...”.

Assim como os organismos multicelulares passaram para os gametas a função de transmitir o genoma, os superorganismos passaram para indivíduos especializados o cumprimento dessa tarefa. Dessa maneira, surgiram colônias com poucos animais sexuais para a transmissão dos genes e muitos indivíduos que não se reproduzem, mas que exercem importantes funções na manutenção da colônia, bem como na formação e no controle dos indivíduos sexualmente ativos.

Será que estruturas mais complexas, como afirmado antes, realmente têm melhor desempenho do que os seus componentes individuais? Pode-se fazer tal afirmação para abelhas? As estruturas mais complexas, por serem constituídas de unidades elementares, possuem mais componentes que as estruturas mais simples e, com isso, mais possibilidades de interação entre as unidades. Por isso, estruturas complexas, sob condições apropriadas, exibem propriedades que não podem ser explicadas a partir das propriedades dos componentes individuais: o todo é mais que a soma das suas partes, já formulara Aristóteles. Assim, colônias de abelhas, como unidade, podem tomar

decisões com base nos fluxos de informações – o que abelhas não poderiam fazer individualmente. O ganho que as abelhas adquiriram por meio da união de muitos indivíduos será visto detalhadamente no Capítulo 10 (“Os círculos se fecham”).

Um complexo consegue determinar ou influenciar as características de seus com-

ponentes? Isso é igualmente verdadeiro para as colônias de abelhas. As características das abelhas individuais serão determinadas pelas condições de vida criadas pelas próprias abelhas. Os Capítulos 6 e 8 apresentam, em detalhes, essa opção essencial para a biologia das abelhas.

