

1.4 Metaevolução: os quatro graus de evolução

Sistemas replicativos estão sujeitos não apenas a um modo de evolução usual que acarreta alterações e acomodações no sistema, mas, dado um tempo suficiente, a algo que pode ser descrito como uma “evolução da evolução”, ou seja, uma metaevolução.

Podemos ilustrar esse fenômeno com a seguinte cadeia evolutiva:

1.4.1 Primeiro grau: replicadores estritos

Um cristal de argila sujeito às intempéries, ao sol e à chuva, é levado pelo vento e se choca com outros fragmentos de cristais, gerando eventualmente outros pequenos cristais de argila **idênticos ao genitor**. Esses novos cristais de argila são, por sua vez, carregados pelo vento gerando seus próprios descendentes idênticos a si mesmos e a seus ancestrais.

Esse modo de replicação, no qual uma entidade muito simples gera outra idêntica a si mesma, pode ilustrar o modo mais simples de evolução. Um universo semeado com entidades deste tipo tende a se povoar com inúmeras réplicas, todas idênticas, da semente original.

Com o passar do tempo é possível que algum evento acarrete um tipo ligeiramente diferente de cristal que também herde a capacidade de se replicar, nesse instante, o mundo povoado por dois tipos distintos de replicadores começa a assistir ao fenômeno da competição: de acordo com as condições ambientais locais, como a temperatura, a umidade e outras, um replicador deve se revelar mais apto que o outro, gerando mais cópias que o competidor por intervalo de tempo. Também é possível que surjam outros tipos de interações: o choque entre dois cristais carregados pelo vento pode destruir um dos dois, sendo até possível a ocorrência da transformação de um dos tipos no outro, o que pode ser descrito como predação. O surgimento de tipos variados de replicadores assemelhados em um mesmo universo tende a acarretar as diversas interações descritas em tratados ecológicos.

Dentre as inúmeras moléculas que aderem à superfície dos cristais que povoam o sistema, umas delas se revelam replicadoras, formando colônias de cristais envoltos em moléculas replicadoras que eventualmente aumentam a capacidade de replicação do aglomerado.

Assim, o interesse nos replicadores estritos não se resume ao comportamento de sistemas monótonos e meramente repetitivos. Pensemos, por exemplo, em um autômato celular (Langton, 1984, 1986). Esta estrutura consiste basicamente de um conjunto de células que podem se encontrar em estados distintos, por exemplo, acesa ou apagada. O estado de uma célula em cada instante, é determinado pelo estado de suas vizinhas e pelo seu próprio estado no instante anterior. Cada célula acesa pode ser descrita como um replicador estrito capaz de gerar outras células acesas. Se enfocamos de perto a evolução de um autômato celular podemos ver apenas o nascimento e a morte de um vasto conjunto de células, mas, sob um olhar mais abrangente notamos o nascimento de conjuntos de células que atuam como replicadores não estritos, cuja evolução pode ser bastante interessante. O mesmo acontece com os seres vivos: podemos considerar os pares de bases adenina-timina e citosina-guanina como replicadores estritos capazes apenas de gerar outros pares idênticos. Mas estes replicadores são capazes de gerar replicadores de uma ordem superior, os seres

vivos, que evoluem de uma maneira extremamente complexa e interessante. Provavelmente, o grande interesse dos replicadores estritos consiste nessa capacidade de gerar replicadores não-estritos de ordens superiores, o que consiste no grau seguinte de evolução.

1.4.2 Segundo grau de evolução: colônias, ou replicadores não estritos

Ocorre quando replicadores estritos, isto é, replicadores que geram apenas cópias idênticas de si mesmos, se aglomeram em colônias. Imaginemos um agregado constituído por núcleos idênticos de cristais de argila envoltos em moléculas replicadoras. Assim como suas partes, esses agregados podem funcionar como replicadores, sendo uns deles mais eficientes que outros para a replicação, ou seja, possuindo aptidões efetivas distintas decorrentes do modo como suas partes se agregam. Colônias complexas de replicadores estritos tendem fortemente a se replicar de maneira não estrita, de modo que uma colônia mãe tende a gerar descendentes assemelhados a si mesma, mas levemente diferenciados, constituídos por ligeiras variações no número de replicadores que as compõem. Vale notar que, quanto maior a complexidade da colônia, menor tende a ser a influência das pequenas alterações no número de replicadores que a constitui. Por outro lado, a aptidão de cada unidade dependerá da quantidade e maneira pela qual suas partes replicadoras se aglomeram.

Podemos perceber nesse estágio de evolução uma forte tendência ao surgimento de predação: uma vez que muitas colônias são formadas pela mesma “carne”, quero dizer, constituídas pelos mesmos tipos de moléculas (ou qualquer que seja o seu componente), o surgimento de alguma forma replicadora capaz de destruir colônias similares e incorporar suas partes constitutivas para gerar o “corpo” de seus descendentes pode ampliar suas próprias chances de replicação e ao mesmo tempo reduzir o número de seus competidores. Convém notar que os fenômenos replicativos tendem a ocorrer em escala exponencial, de modo que, uma vez surgidos, os replicadores tendem a se alastrar rapidamente. Por essa razão, em um intervalo de tempo relativamente curto, as colônias constituídas por replicadores simples acabarão por incorporar todo esse “material” disponível no meio, de modo que muito rapidamente a competição por esse recurso será bastante acirrada. Podemos imaginar que, dada sua forma, um desses aglomerados tenda a se aglutinar mais fortemente que outros, e que, durante o contato com outras colônias se agarre fortemente às partes de outra colônia, arrancando-as para si depois de desconectadas. Uma colônia capaz de abocanhar as partes constitutivas de outras, capaz de se “alimentar” dessa maneira, de outros replicadores ao seu redor, tende a se replicar mais eficazmente que outras, ampliando, desse modo, a quantidade de seus descendentes a povoar o universo. Vale notar que a característica fundamental desse estágio é a replicação não-estrita, ou inexata, efetuada por metareplicadores constituídos por replicadores estritos.

1.4.3 Terceiro grau: sexo (formação de espécies)

As formas anteriormente tratadas pressupunham um único replicador gerando outro. Podemos pensar em replicadores que se unem para a construção de um terceiro. Chamemos esse tipo de replicação, em que dois ou mais replicadores contribuem para a formação de um novo replicador, de replicação sexuada. A grande vantagem desse modo de replicação é que ele permite a incorporação de inovações auspiciosas surgidas em linhagens diferentes. Imagine que uma bactéria mãe que se reproduz apenas assexuadamente origine duas filhas mutantes, cada uma delas fortalecida por um

novo poder, como aumento de resistência ao calor, ou à acidez do meio, ou qualquer outra alteração que tenda a ampliar a aptidão potencial de seus portadores. Na ausência de reprodução sexuada, não importa quanto tempo passe, as duas linhagens desconexas nunca conseguirão reunir ambas as vantagens em uma mesma linhagem de indivíduos, para isso terão que esperar uma infinidade de tempo até que, eventualmente, a mesma mutação improvável venha a ocorrer na linhagem certa. Mas, suponha que as duas mutações vantajosas ocorram em uma espécie com reprodução sexuada. Nesse caso, é esperado que em algumas gerações, algum indivíduo carregando uma das mutações vantajosas se encontre com um portador da outra mutação vantajosa, gerando descendentes portadores das duas vantagens! Esse fato pode abreviar tremendamente a evolução de uma dada espécie, já que permite reunir as vantagens surgidas em qualquer das linhagens que a constituem.

O surgimento do sexo constitui, de fato, um enorme avanço evolutivo, capaz de justificar plenamente sua inclusão entre os saltos evolutivos, em especial porque propicia o desenvolvimento de formas complexas.

Formas simples de replicadores parecem prescindir de reprodução sexuada em virtude da capacidade de gerar um vasto número de descendentes. Replicadores capazes de gerar milhares de descendentes não precisam investir em replicação sexuada, pode lhes ser mais vantajoso investir em um enorme número de descendentes e “apostar” em que o aumento no número de chances acabe por gerar várias boas inovações em uma mesma linhagem. Quero dizer: populações assexuadas são favorecidas por taxas de fertilidades altíssimas, capazes de propiciar ao acaso a reunião de mutações vantajosas em uma mesma linhagem. A aposta consiste em produzir o máximo possível de descendentes e torcer para que novas boas mutações venham a se acumular nas linhagens, enquanto as populações sexuadas buscam ativamente reunir em um mesmo indivíduo as boas alterações surgidas na espécie.

Acho provável que o surgimento do sexo entre os seres vivos de nosso planeta tenha gerado a explosão cambriana. Após um tempo imensamente longo em que o planeta fora povoado apenas por minúsculos seres unicelulares e colônias muito simples, a vida na Terra passa por um período fertilíssimo em que novas e variadas espécies surgem em uma profusão grande o suficiente para justificar o epíteto da era como o de uma explosão. Não conheço nenhuma outra explicação plausível para o surgimento abrupto de tamanha diversidade na vida do planeta, em certo sentido, a maior já existente. Kaufman(1991) propõe uma explicação para a ocorrência da explosão cambriana que será apresentada e criticada posteriormente.

Creio que o surgimento do sexo propiciaria o desenvolvimento de espécies complexas e relativamente pouco férteis, mas com a capacidade até então inaudita de reunir inovações surgidas e linhagens diversas. Dessa forma, o surgimento do sexo teria sido a inovação extraordinária, o magnífico salto metaevolutivo capaz de justificar a ocorrência de um fenômeno tão impressionante. Espécies assexuadas são favorecidas pela reprodução profusa e seus indivíduos são obrigados a gerar imenso número de descendentes. Já as espécies mais complexas exigem um tempo maior para a reprodução de seus indivíduos, obrigando com isso a redução de sua taxa de replicação. Desse modo, a alta complexidade dos indivíduos acaba impondo uma taxa de natalidade relativamente baixa a seus indivíduos, o que a torna extremamente compatível com a reprodução sexuada. Note que, embora a reprodução exclusivamente assexuada ressurgisse constantemente em espécie macroscópicas, notadamente em invertebrados, e embora, em certo sentido esse modo de reprodução seja mais prolífico por prescindir de machos, as linhagens assexuadas, apesar de inícios auspiciosos, tendem a se extinguir após um tempo relativamente curto, sendo bastante raras as linhagens macroscópicas muito antigas ainda presentes no planeta e capazes de reprodução

exclusivamente assexuada. Assim, parece haver um forte elo conectando espécies de alta complexidade à reprodução sexuada.

É digno de nota o fato de que as espécies propriamente ditas, as populações reprodutivamente isoladas, aparecem em decorrência do surgimento da reprodução sexuada.

1.4.4 Quarto grau: planejamento

O quarto grau na escala da evolução dos sistemas replicativos consiste na aquisição por parte dos replicadores, da capacidade de planejar suas criações. Replicadores gerados desse modo podem ter uma variabilidade enorme; o surgimento de um novo tipo de entidade replicativa pode, em um curto intervalo de tempo, gerar uma infinidade de novas formas, elas mesmas geradoras de outras tantas famílias de replicadores, acarretando um desenvolvimento que pode ser descrito como explosivo.

Uma característica desse estágio é o desenvolvimento de complexos de replicadores formados por agregados bastante variados. Replicadores de diversas categorias se reúnem em aglomerados heterogêneos compostos pelos diversos tipos como homens, objetos, instituições, idéias, e vários outros formando agrupamentos intrincados e inextricáveis capazes de evoluir e se diversificar com extrema rapidez.

Nosso universo encontra-se nesse estágio há aproximadamente 100.000 anos, desde o surgimento da humanidade, tempo no qual o aparecimento de novos tipos de replicadores passou a ocorrer em escala rapidíssima, mas foi nos últimos 100 anos que esse crescimento revelou seu gigantesco potencial, acelerando a olhos vistos.

1.5 Metaevolução: história

Desconsiderando-se as elucubrações muitíssimo especulativas acerca de entidades pré-temporais, pré-materiais e outras, descartando-se também a possibilidade remota de que cristais de argila replicadores acabaram por gerar outras moléculas replicadoras, podemos lançar nossos olhares sobre fatos muito mais seguros e fundamentados.

Conhecemos replicadores muito simples e antigos como os pares de bases: adenina-timina, citosina-guanina. Tais replicadores replicam-se de maneira estrita, isto é, geram descendentes idênticos a si mesmos. Sejam quais tenham sido os primeiros replicadores a habitar nosso planeta, é muitíssimo provável que tenham sido formas extremamente simples, como estas moléculas, replicando-se apenas de forma estrita, gerando mais e mais cópias de si mesmas a povoar o mundo inteiro, de um modo correspondente ao primeiro grau de evolução.

Tais moléculas têm, todavia, a capacidade de se aglutinar em fitas, gerando metareplicadores ligeiramente diferentes uns dos outros conforme a ordem em que os pares de bases se conectam. Tais metareplicadores tendem a ter taxas de sobrevivência e replicação diferenciadas, sendo uns deles mais aptos que outros, de modo que estabelecem uma competição na qual os mais capazes acabam por se impor numericamente, gerando linhagens de descendentes cada vez mais aptos à sobrevivência. Além disso, constroem um mundo muito mais diferenciado que na etapa anterior, e

que acaba povoado por uma infinidade de formas assemelhadas, aparentadas, mas francamente diferenciadas, constituindo assim o segundo grau na escala evolutiva. Deste modo, durante esta segunda fase na evolução de um sistema replicativo, vemos o desenvolvimento de metareplicadores, complexos sucessivamente mais elaborados de replicadores de replicadores.

Mas, ainda que já tendo atingido certo grau de complexidade, e que já sejam passíveis de alguma variação decorrente da replicação, durante esse estágio, o desenvolvimento dos replicadores permanece fortemente cerceado pelos limites de sua própria linhagem. Variedades notáveis e interessantíssimas surgidas durante este estágio da evolução permanecem confinadas às próprias linhagens nas quais apareceram, sendo necessárias grandes doses de sorte para que grandes conjuntos de inovações ocorram em uma mesma linhagem. Mas tal restrição pode ser eliminada com o surgimento da reprodução sexuada; da troca de informação entre dois replicadores para a construção de um outro, herdeiro de duas linhagens distintas, variável em altíssimo grau, único, de fato. Neste terceiro estágio da evolução o sistema adquire uma variabilidade inaudita, uma complexidade anteriormente impensável que acaba por propiciar o passo seguinte. Convém aqui sublinhar que, neste sentido generalizado, a replicação sexuada consiste tão somente na construção de um replicador herdeiro de mais de um progenitor.

A enorme complexidade atingida pelo sistema acaba por propiciar um avanço capaz de acelerar toda a evolução até níveis colossais. Isso pode ocorrer em virtude do desenvolvimento de replicadores planejadores, capazes de elaborar novos replicadores de tipos muitíssimo diversos, de misturá-los, decompô-los, colá-los, torcê-los, e, em suma, remodelá-los em formas incrivelmente diversas superando barreiras impostas por mínimos locais, e possibilitando a herança de características adquiridas, imaginadas, planejadas, e dos variados modos que uma mente inteligente consiga conceber.