

## O Planeta Simbiótico - Lynn Margulis

O tema central desse livro de Lynn Margulis é a **teoria da endossimbiose sequencial**, a teoria de **Gaia** e a relação entre as duas.

... A simbiose é simplesmente a convivência com contato físico de organismos de espécies diferentes.

A simbiogênese, um termo evolutivo, refere-se à origem de novos tecidos, órgãos ou organismos – e até espécies – por meio da simbiose permanente ou de longo prazo.

(...)

A noção de que as células de animais e plantas tiveram origem por meio da simbiose não é mais motivo de controvérsia.

### O conceito de espécie

As bactérias não tem espécies. Não existiam espécies antes que as bactérias se juntassem para formar células maiores, incluindo os ancestrais de plantas e animais.

### Exemplo de especiação por endossimbiose

Numa experiência fascinante, populações de moscas-de-frutas, desenvolvendo-se a temperaturas cada vez mais elevadas, se tornaram geneticamente distintas. Após dois anos, mais ou menos, as moscas da linhagem quente não produziam mais prole fértil com suas irmãs de linhagem fria. “Mas”, Eldredge logo acrescentou, “depois se descobriu que isso estava relacionado a um parasita!” De fato, posteriormente se descobriu que as moscas de linhagem quente não tinham uma bactéria simbiótica intracelular encontrada nas moscas de linhagem fria. Eldredge não considerou esse caso como uma observação de especiação porque ele envolvia uma simbiose bacteriana! Ele aprendera, como todos nós aprendemos, que os micróbios são germes, e que onde há germes há doença, não uma nova espécie. E ele aprendera que a evolução por seleção natural ocorre pelo acúmulo gradual, ao longo das eras, de mutações isoladas nos genes.

(...)

Na minha opinião, a simbiose como fonte de inovação evolutiva ajuda a explicar a observação do “equilíbrio pontuado”.

### Lamarckismo

Eu poderia dizer, como meus colegas franceses tantas vezes fizeram, que a simbiogênese é uma forma de neolamarckismo. A simbiogênese é a mudança evolutiva pela herança de conjunto de genes adquiridos.

### Luta pela vida x cooperação

Os platemintos da espécie **Convoluta roscoffensis** são todos verdes porque seus tecidos são apinhados de células **Platymonas**; como os vermes são transparentes a cor verde das **Platymonas**, algas fotossintetizantes, aparece. Embora adoráveis, as algas verdes não são apenas decorativas: elas vivem e crescem, morrem e se reproduzem dentro dos corpos dos vermes. De fato, elas produzem o alimento que os vermes “comem”. As bocas dos vermes se tornam supérfluas e não funcionam depois que as larvas do verme saem da casca. A luz do sol alcança as algas dentro de suas estufas móveis e lhes permite crescer e se alimentar enquanto vertem produtos fotossintéticos e alimentam seus hóspedes internamente. As algas simbióticas chegam a fazer um favor ao verme no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos: elas reciclam o resíduo de ácido úrico do verme em nutrientes para elas mesmas. Algas e vermes compõem um ecossistema em miniatura nadando ao sol. Para dizer a verdade esses dois seres são tão íntimos que é difícil dizer, sem um microscópio de grande potência onde termina o animal e onde começa a alga.

Que a natureza seja impiedosa, displicentemente indiferente ao sofrimento individual, não exclui o fato de que a simbiose, começando com uma aliança desconfortável de formas de vida distintas, pode estar na base da origem das principais inovações evolutivas.

### Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução

(...) Mendel não viu indício algum de que as espécies mudavam e evoluíam.

### Origem dos eucariotos

(...) Creio que é indesculpável que os cientistas hoje mantenham o termo protozoa (que se traduz como primeiros animais) para criaturas aquáticas cujas características biológicas não são, definitivamente, as de um animal. Alguns antigos protozoários, micróbios com núcleos, embora ancestrais dos animais, também são ancestrais das plantas, dos fungos e de todos os prototistas indisciplinados. Os próprios prototistas ancestrais, que nunca se desenvolvem a partir de um espermatozoide, óvulo ou embrião animal, não são animais. O grupo é surpreendentemente diversificado. Mais de cinquenta das principais linhagens ainda existem. Entre elas estão as diatomáceas, algas marrons, ciliados e grupos muito menos conhecidos de seres. Não importa se

são amebas, ciliados, hipermastigotos ou outra coisa; não são animais.

Sinto arrepios também quando ouço biólogos empregando o termo "algas cianofíceas". Esses seres não existem essas maravilhas azul-esverdeadas são em todos os aspectos bactérias fotossintetizantes. Tão irritante como "animal monocelular", que também não existe, assim como "plantas superiores" ou "plantas pluricelulares". Todos os animais e todas as plantas se desenvolvem a partir de embriões, que, por definição, são pluricelulares. Uma vez que todas as plantas e animais são pluricelulares, o adjetivo é redundante. A caracterização de qualquer organismo unicelular como "animal primitivo" ou "protozoário" é um oxímoro. Os termos verborrágicos "planta pluricelular" e "animal pluricelular" também são errôneos.

### Vírus X vida

Estamos convencidos de que os vírus não pertencem a nenhum dos cinco reinos. Eles não estão vivos, já que nunca fazem nada quando estão fora de células vivas. (...) O metabolismo, a incessante química da automanutenção, é uma característica essencial da vida.

(...)

Como os simbioses bacterianos, os vírus são fontes de variação evolutiva. Populações de organismos infectados por vírus são aprimoradas pela seleção natural.

### Domínios

Comparando o RNA, uma das moléculas longas fundamentais presentes em todas as formas de vida, Woese utiliza diferenças na sequência a ordem das bases químicas do RNA para classificar todos os organismos. Após coletar dados a respeito de quase mil tipos de vida Woese distribui os diferentes procariontes pelas classes archaea ou eubacteria. Entre os membros do domínio archaea de Woese estão algumas halobactérias, procariontes que precisam de água salgada, e a maioria das bactérias acidófilas de fontes sulfurosas. Também em archaea estão todas as bactérias que produzem gás metano. O termo archea, do grego, significa "antigo", e pressupõe que elas foram as primeiras a aparecer na Terra. Woese classifica todas as outras bactérias como eubactérias ("bactérias verdadeiras"). É necessária uma tecnologia especial para verificar a distinção arqueo-eubactérias, determinada principalmente pela análise da sequência do gene.

Bacteriófila como sou, creio que nosso esquema recentemente modificado de duas fileiras (prokarya, eukarya), publicado em 1998, é muito

superior à classificação de três domínios. A principal característica diferenciadora de todas as formas de vida, células não simbiogenéticas (prokarya) versus células simbiogenéticas (eukarya), recebe o status mais alto. Em seguida os organismos são diferenciados pelo modo como se desenvolvem: de esporos (fungos), de um embrião cercado pelo tecido da mãe (plantas), de um embrião blástula (animais) ou de nenhum dos casos acima (prototistas).

### Origem da Vida

Alguns teóricos da informação afirmam que a probabilidade de que a vida se organizasse sozinha a partir da falta de vida por interações aleatórias de moléculas é ínfima.

As moléculas, contudo, não se combinam ao acaso: carbono, hidrogênio, fósforo, oxigênio, enxofre e outros elementos da vida interagem de acordo com as regras químicas.

Certas reações químicas são muito mais prováveis que outras; a idéia de que todas as combinações químicas são igualmente prováveis pode ser convincente para o cálculo de improbabilidade da vida, mas não está correta.

### Mundo de RNA

Dado o meio químico apropriado, mas sem qualquer proteína, o RNA pode reproduzir-se com eficiência autocataliticamente. A capacidade do RNA de acelerar reações químicas e se replicar indica que o RNA veio antes do DNA na história da vida.

(...)

Dyson mostrou que o RNA em tubo de ensaio podia sofrer mutação e se transformar em novas moléculas de RNA que se replicavam mais rapidamente que seus "pais".

### Alimentação

Tanto os fotoautotróficos como os quimiotróficos extraem carbono do dióxido de carbono da atmosfera (CO<sub>2</sub>). Nenhum deles se alimenta de compostos orgânicos - isto é, nenhum deles come comida. "Comer" é o mesmo que ingerir matéria orgânica pré-formada. Todos os heterotróficos se alimentam de moléculas orgânicas feitas pelos autotróficos. Os autotróficos "comem" ar como comida. Eles "comem" a luz do sol ou empregam o poder mefítico de compostos ricos em hidrogênio como o gás de hidrogênio (H<sub>2</sub>) metano (CH<sub>4</sub>) sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) ou amônia (H<sub>3</sub>N) para reproduzir-se com eficiência. A energia dos autotróficos é igual a do fogo: os compostos ricos em hidrogênio reagem com o oxigênio.

### Em terra firme

Os grandes organismos terrestres mais antigos que deixaram registro fóssil devem ter sido complexos plantas-fungos.

(...)

A idéia da “fusão fúngica” para ajudar a explicar a origem de plantas 450 milhões de anos atrás. Eles formularam a hipótese de co-evolução de fungos e algas, os parceiros unidos na simbiogênese. Tanto plantas como fungos, por exemplo, secretam enzimas quitinases no solo. Astatt afirma que, durante sua longa associação com os fungos, as plantas roubaram e armazenaram genes fúngicos.

Plantas com micorrizas de raízes são selecionadas naturalmente: em solos pobres em nutrientes, elas produzem plantas novas mais pesadas, com maiores depósitos de nitrogênio e fósforo, do que aquelas que não estão associadas a fungos. Na verdade, 90 por cento das plantas vivas têm micorrizas simbióticas. Mais de 80 por cento de todas as plantas morrem se forem privadas desses associados fúngicos. O hipermar impera.

Obs: hipermar é “em grande parte o sistema de raízes das plantas que dependem de fungos micorrizas”.

### Gaia

A hipótese Gaia, proposta pelo químico inglês James Lovelock, afirma que aspectos dos gases atmosféricos, das rochas e da água superficiais são regulados pelo nascimento, morte, metabolismo e outras atividades dos organismos vivos. “Gaia é tão somente a simbiose vista do espaço”: todos os organismos estão em contato porque todos são banhados pelo mesmo ar e na mesma água corrente.

A hipótese Gaia não afirma, como alguns pretendem, que “a Terra é um só organismo”.

(...)

Lovelock já havia pensado na idéia de uma Terra viva em meados da década de 1960, anos antes de eu conhecê-lo, quando era consultor da NASA e ajudava a planejar formas de detectar vida em Marte. Jim percebeu que em qualquer planeta a vida teria de utilizar seus fluidos - que na Terra seriam a atmosfera, oceanos, lagos e rios - para reciclar os elementos necessários à vida. Os nutrientes têm de ser fornecidos e os resíduos, eliminados. A química de um planeta vivo, concluiu ele, deve ser acentuadamente diferente daquela de um planeta sem vida. Ele percebeu que as contradições químicas da atmosfera eram detectáveis até no espaço. Nossa atmosfera contém muito mais oxigênio do que deveria na presença de metano. Esses gases, extremamente

reagentes quando misturados, não poderiam coexistir em concentrações tão altas a menos que os níveis fossem eficazmente mantidos. Há uma abundância de outros gases em uma mistura totalmente improvável e muito instável. O hidrogênio e até o nitrogênio reagem explosivamente na presença de oxigênio, mas coexistem na atmosfera terrestre. Quando Lovelock se via às voltas, pela primeira vez, com os problemas relativos à detecção de vida em Marte, análises de telescópios instalados em terra já haviam mostrado que Marte, ao contrário de nosso planeta, tem uma atmosfera estável de gases não reagentes.

(...)

Indícios geológicos sugerem que nosso planeta ficou mais frio nos últimos 3 bilhões de anos. Os astrônomos insistem que o Sol uma estrela típica ficou mais luminoso. O Sol deveria ter aquecido cada vez mais a superfície terrestre durante seu longo passado. O ajuste da temperatura e da atmosfera concluiu Jim, deve ocorrer em escala global. Percebendo que essas condições ambientais vitais têm de ser ativamente controladas Lovelock propôs que a vida mantém o seu ambiente.

Tomando um termo emprestado da fisiologia, Lovelock afirmou que o ambiente de nosso planeta é homeostático.

A totalidade da vida planetária, Gaia, exibe uma fisiologia que identificamos como ajuste ambiental. Gaia, em si, não é um organismo diretamente selecionado entre muitos outros. É uma propriedade emergente da interação de organismos, o planeta esférico no qual eles moram e uma fonte de energia, o Sol.

### Fotossíntese anaeróbica x fotossíntese aeróbica

Reunindo indícios levantados por meus colegas, creio que as bactérias primeiro removeram o hidrogênio ( $H_2$ ) de que seus corpos precisavam diretamente do ar. Depois absorveram o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) lançado pelos vulcões. Por fim cianobactérias arrancaram átomos de hidrogênio da água ( $H_2O$ ). O oxigênio foi expelido como resíduo metabólico. Esse resíduo a princípio desastroso acabou fornecendo energia para o crescimento contínuo da vida.

### Biodiversidade

A biodiversidade é uma condição essencial à continuidade de Gaia. Não existe uma espécie mais favorecida. Cada organismo cuida de sua vida: cresce e tenta se reproduzir. As pressões seletivas, a persistência dos organismos em se desenvolver e se reproduzir, favorecem alguns

*tipos de vida sob certas condições específicas. Eles crescem, espalham-se, removem resíduos e fazem reciclagem. Ao fazê-lo, colocam grandes pressões seletivas sobre tipos de vida diferentes. Gaia é o resultado. Se não houvesse vida, a temperatura e a composição gasosa seriam previsíveis somente com base em fatores físicos. A produção de energia do Sol e as regras da química*

*e da física determinariam as propriedades da superfície da Terra. No entanto, essas propriedades divergem significativamente das previsões baseadas apenas na física e na química. As ciências não biológicas não bastam para explicar o ambiente superficial da Terra.*