

A Origem da Vida

[Ateus.net](#) » [Artigos/ensaios](#) » [Ciências](#)

Autores: Armênio Uzunian, Dan Edésio Pinseta, Sezar Sasson

Fonte: Biologia; introdução à Biologia. pp. 97-105. (Livro 1).

São Paulo: Gráfica e Editora Anglo, 1991.

I

A Idéia da Geração Espontânea

(...)

Lixo gera moscas?

Uma idéia bastante antiga, dos tempos de Aristóteles, é a de que seres vivos podem surgir por *geração espontânea*. Apesar de se conhecer o papel da *reprodução*, admitia-se que certos organismos vivos pudessem surgir *espontaneamente da matéria bruta*. Observações do cotidiano mostravam, por exemplo, que larvas de moscas apareciam no meio do lixo e que poças de lama podiam exibir pequenos animais. A conclusão a que se chegava era a de que o lixo e a lama haviam gerado diretamente os organismos.

Reconhecia-se, no entanto, que nem toda matéria bruta podia gerar vida. Assim, de um pedaço de ferro ou de pedra não surgia vida; mas um pedaço de carne, uma porção de lama ou uma poça d'água eram capazes de gerar vida. Explicava-se esta diferença entre diversos materiais brutos alegando-se a necessidade de um "*princípio ativo*" que não estaria presente em qualquer matéria bruta, mas cuja presença seria necessária para haver geração espontânea. O *princípio ativo* não era considerado algo concreto, mas uma *capacidade* ou *potencialidade* de gerar vida.

As idéias sobre geração espontânea perduraram por um tempo muito longo, apesar de sua forma original ter evoluído aos poucos; ainda nos meados do século passado, havia numerosos partidários dessa teoria, definitivamente destruída pelos trabalhos de Pasteur.

Para um partidário da geração espontânea, explicar a origem da vida não apresentava nenhuma dificuldade; de fato, se aceitarmos que a vida surge normalmente da matéria bruta, não será difícil acreditar que o primeiro ser vivo também tenha se originado pelo mesmo processo.

Vamos tentar descrever nos próximos itens alguns marcos na evolução das idéias sobre geração espontânea.

Redi, Needham e Spallanzani

Uma experiência realizada por Francesco Redi, em meados do século XVII, representa a primeira tentativa séria de derrubar-se a noção de geração espontânea. Redi coloca pedaços de carne em dois grupos de frascos; um dos grupos permanece aberto, enquanto o outro é recoberto por um pedaço de gaze. Sobre a carne dos frascos abertos, após alguns dias, surgem larvas de moscas; nos frascos cobertos não aparecem larvas. Redi concluiu que a carne não gera as larvas; moscas adultas devem ter sido atraídas pelo cheiro de material em decomposição e desovaram sobre a carne. As larvas nasceram,

portanto, dos ovos postos pelas moscas. Essa idéia é ainda reforçada pela observação dos frascos cobertos: sobre a gaze, *do lado externo* do frasco, algumas larvas apareceram. À idéia de que os seres vivos se originam sempre de seres vivos chamamos *biogênese*, sendo *abiogênese* sinônimo de geração espontânea.

Apesar da repercussão das experiências de Redi, a idéia de geração espontânea ainda não havia morrido. Ironicamente, foram o uso crescente do microscópio e a descoberta dos microorganismos os fatores que reforçaram a teoria da *abiogênese*: tais seres pequeninos, argumentava-se, eram tão simples, que não era concebível terem a capacidade de reprodução; como conclusão óbvia, só podiam ser formados por geração espontânea.

Um religioso chamado John Needham fez em 1745 um experimento cujos resultados pareciam comprovar as idéias da abiogênese. Vários caldos nutritivos, como sucos de frutas e extrato de galinha, foram colocados em tubos de ensaio, aquecidos durante um certo tempo e em seguida selados. A intenção de Needham, ao aquecer, ora obviamente a de provocar a morte de organismos possivelmente existentes nos caldos; o fechamento dos frascos destinava-se a impedir a contaminação por micróbios externos. Apesar disso, os tubos de ensaio, passados alguns dias, estavam turvos e cheios de microorganismos, o que parecia demonstrar a verdade da geração espontânea.

Cerca de 25 anos depois, o italiano Lazzaro Spallanzani repetiu as experiências de Needham. A diferença no seu procedimento foi a de *ferver* os líquidos durante uma hora, não se limitando a aquecê-los; em seguida os tubos foram fechados hermeticamente. Líquidos assim tratados mantiveram-se *estéreis*, isto é, sem vida, indefinidamente. Desta forma, Spallanzani demonstrava que os resultados de Needham não comprovavam a geração espontânea: pelo fato de aquecer por pouco tempo, Needham não havia destruído todos os micróbios existentes, dando-lhes a oportunidade de proliferar novamente.

Needham, porém, responde às críticas de Spallanzani com argumentos aparentemente muito fortes:

"...Spallanzani... selou hermeticamente dezenove frascos que continham diversas substâncias vegetais e ferveu-os, fechados, por uma hora. Mas, pelo método de tratamento pelo qual ele torturou suas dezenove infusões vegetais, fica claro que enfraqueceu muito ou até destruiu a *força vegetativa* das substâncias em infusão..."

Repare no termo "força vegetativa", que era usado como sinônimo de princípio ativo. O aquecimento excessivo, segundo Needham, havia destruído o princípio ativo; sem princípio ativo, nada de geração espontânea! É interessante notar que o próprio Spallanzani não soube refutar esses argumentos, ficando as idéias da abiogênese consolidadas.

Os trabalhos de Pasteur

O cientista francês Louis Pasteur conseguiu, por volta de 1860, mostrar definitivamente a falsidade das idéias sobre geração espontânea da vida. Seus experimentos foram bem semelhantes aos de Spallanzani, porém com alguns aperfeiçoamentos. Vejamos como Pasteur descreve suas experiências.

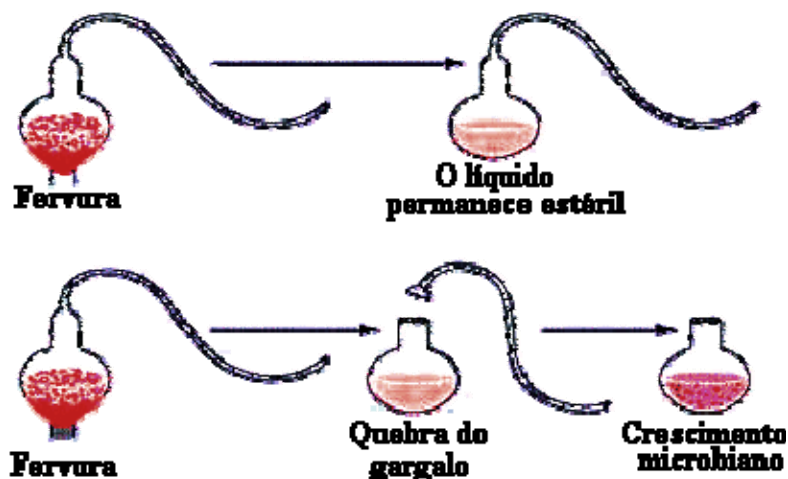
"Coloquei em frascos de vidro os seguintes líquidos, todos facilmente alteráveis, em contato com o ar comum: suspensão de levedo de cerveja em água, suspensão de levedo de cerveja em água e açúcar, urina, suco de beterraba, água de pimenta. Aqueci e puxei o gargalo do frasco de maneira a dar-lhe curvatura; deixei o líquido ferver durante vários minutos até que os vapores saíssem livremente pela estreita abertura superior do gargalo, sem tomar nenhuma outra precaução. Em seguida, deixei o frasco esfriar. É uma coisa notável, capaz de assombrar qualquer pessoa acostumada com a delicadeza das

experiências relacionadas à assim chamada geração espontânea, o fato de o líquido em tal frasco permanecer imutável indefinidamente... Parecia que o ar comum, entrando com força durante os primeiros momentos (do resfriamento), deveria penetrar no frasco num estado de completa impureza. Isto é verdade, mas ele encontra um líquido numa temperatura ainda próxima do ponto de ebulição.

A entrada do ar ocorre, então, mais vagarosamente e, quando o líquido se resfriou suficientemente, a ponto de não mais ser capaz de tirar a vitalidade dos germes, a entrada do ar será suficientemente lenta, de maneira a deixar nas curvas úmidas do pescoço toda a poeira (e germes) capaz de agir nas infusões...

Depois de um ou vários meses no incubador, o pescoço do frasco foi removido por golpe dado de tal modo que nada, a não ser as ferramentas, o tocasse, e depois de 24, 36 ou 48 horas, bolores se tornavam visíveis, exatamente como no frasco aberto ou como se o frasco tivesse sido inoculado com poeira do ar."

Com esta experiência engenhosa, Pasteur também demonstrava que o líquido não havia perdido pela fervura suas propriedades de abrigar vida, como argumentaram alguns de seus opositores. Além disso, não se podia alegar a ausência do ar, uma vez que este entrava e saía livremente (apenas estava sendo filtrado).



II

A Evolução das Substâncias Químicas

Três idéias sobre a origem da vida

Há três posições "filosóficas" em relação à origem da vida. A primeira relaciona-se aos mitos da "criação", que afirmam que a vida foi criada por uma força suprema ou ser superior; essa hipótese, evidentemente, foge ao campo de ação do raciocínio científico, não podendo ser testada e nem refutada pelos métodos usados pela ciência.

Uma segunda posição se refere à possibilidade de a vida ter se originado fora do planeta Terra e ter sido "semeada" por pedaços de rochas, como meteoritos, que teriam trazido "esporos" ou outras formas de vida alienígena. Esses teriam evoluído nas condições favoráveis da Terra, até originar a diversidade de seres vivos que conhecemos.

Um dado interessante: chegam todos os anos, à superfície da Terra, ao redor de mil toneladas de

meteoritos. Em algumas dessas rochas, foram encontradas substâncias orgânicas, como aminoácidos e bases nitrogenadas. Ficou bastante claro, a partir da década de 70, que a matéria orgânica é muito mais freqüente no universo do que se acreditava antigamente. Um eminente astrônomo inglês, sir Fred Hoyle, defende a idéia de que material biológico, como vírus, poderia ter chegado do espaço; Hoyle chega a aceitar que isso aconteceria ainda hoje e que de alguma forma esse material "genético" novo poderia ser incorporado aos organismos existentes, modificando assim sua evolução!

De qualquer forma, essas idéias não são seriamente consideradas pela maioria dos cientistas; para começo de conversa, o aquecimento de qualquer corpo que entrasse na atmosfera terrestre seria de tal ordem, que destruiria qualquer forma de vida semelhante às que conhecemos hoje. Por outro lado, aceitar que a vida apareceu "fora" da Terra somente "empurraria" o problema para diante, já que não esclareceria como a vida teria surgido *fora* daqui.

A terceira posição, a mais em voga hoje, aceita que a vida pode ter surgido *espontaneamente* sobre o planeta Terra, através da evolução *química* de substâncias não vivas. Não é fácil ou seguro verificar eventos que ocorreram há bilhões de anos, quando nosso planeta era muito diferente do que é hoje; no entanto, os cientistas conseguiram reproduzir algumas das condições originais em laboratório e descobriram muitas evidências geológicas, químicas e biológicas que reforçam essa hipótese. Essa terceira posição foi defendida pela primeira vez pelo cientista russo Oparin, em 1936, como veremos nos itens a seguir.

Algumas pistas sobre o problema

Nos últimos 120 anos, várias idéias sobre a origem da Terra, sua idade, as condições primitivas da atmosfera foram surgindo. Em particular, verificou-se que os mesmos elementos que predominam nos organismos vivos (carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio) também existem fora deles; nos organismos vivos estes elementos estão combinados de maneira a formar moléculas complexas, como proteínas, polissacarídeos, lipídios e ácidos nucléicos. A diferença básica, então, entre matéria viva e matéria bruta estaria sobretudo ao nível da *organização* desses elementos. O químico Wöhler, em 1828, já havia fornecido a seguinte pista: substâncias "orgânicas" ou complexas, como a uréia, podem ser formadas em condições de laboratório a partir de substâncias simples, "inorgânicas". Se as condições adequadas surgiram da Terra, no passado, então a vida poderia ter aparecido do inorgânico.

Uma simples análise das características que os seres vivos exibem hoje mostra, independentemente de sua forma ou tamanho, a presença dos mesmos "tijolos" básicos em todos eles: açúcares simples, os 20 tipos de aminoácidos, os 4 nucleotídeos de DNA e os 4 de RNA, e os lipídios. Ora, depois da pista dada por Wöhler, a que nos referimos, os químicos descobriram que esses compostos podem ser feitos em laboratório, se houver uma fonte de carbono, de nitrogênio, e uma certa quantidade de energia disponível. Assim sendo, se as condições adequadas tivessem estado presentes, no passado da Terra, essas substâncias poderiam ter se formado sem grandes dificuldades.

Várias dessas idéias foram organizadas e apresentadas de forma clara e coerente pelo bioquímico russo *Aleksandr I. Oparin*, em 1936, no seu livro "*A origem da vida*". Repare que, na época, ainda não se sabia que os ácidos nucléicos constituem o material genético dos seres vivos. Vamos enumerar os pontos fundamentais das idéias que Oparin apresenta.

As idéias de Oparin

- 1) A idade aproximada da Terra é de 4,5 bilhões de anos, tendo a crosta se solidificado há uns 2,5

bilhões de anos.

2) A composição da atmosfera primitiva foi provavelmente diferente da atual; não havia nela O₂ ou N₂; existia amônia (NH₃), metano (CH₄), vapor de água (H₂O) e hidrogênio (H₂).

3) O vapor de água se condensou à medida que a temperatura da crosta diminuiu. Caíram chuvas sobre as rochas quentes, o que provou nova evaporação, nova condensação e assim por diante. Portanto, um ativo ciclo de chuvas.

4) Radiações ultravioleta e descargas elétricas das tempestades agiram sobre as moléculas da atmosfera primitiva: algumas ligações químicas foram desfeitas, outras surgiram; apareceram assim novos compostos na atmosfera, alguns dos quais orgânicos, como os aminoácidos, por exemplo.

5) Aminoácidos e outros compostos foram arrastados pela água até a crosta ainda quente. Compostos orgânicos combinaram-se entre si, formando moléculas maiores, como os "proteínóides" (ou substâncias similares a proteínas).

6) Quando a temperatura das rochas tornou-se inferior a 100°C, já foi possível a existência de água *líquida* na superfície do globo: os mares estavam se formando. As moléculas orgânicas foram arrastadas para os mares. Na água, as probabilidades de encontro e choques entre moléculas aumentaram muito; formaram-se agregados moleculares maiores, os *coacervados*.

7) Os *coacervados* ainda não são seres vivos; no entanto eles continuam se chocando e reagindo durante *um tempo extremamente longo*; algum coacervado pôde casualmente atingir a complexidade necessária (lembre-se de que a diferença entre vida e não vida é mera questão de organização). Daí em diante, se tal coacervado teve a propriedade de duplicar-se, pode-se admitir que surgiu a vida, mesmo que sob uma forma extremamente primitiva.

A comprovação experimental

O bioquímico Miller tentou reproduzir em laboratório algumas das condições previstas por Oparin. Construiu um aparelho, que era um sistema fechado, no qual fez circular durante 7 dias uma mistura de gases: metano, hidrogênio, amônia e vapor de água estavam presentes. Um reservatório de água aquecido à temperatura de ebulição permitia a formação de mais vapor de água, que circulava arrastando os outros gases.

Trechos do artigo "A Origem da Vida"

Autor: George Wald

Fonte: Scientific American

"...As moléculas formam, pois, um grande e formidável conjunto, de variedade infinita e da mais desconcertante complexidade. Sem elas ninguém poderia nem pensar em organismos...

...Para fabricar um organismo não só é necessária tremenda variedade dessas substâncias, em quantidades e proporções adequadas, como também a perfeita coordenação das mesmas. A estrutura é tão importante aqui quanto a composição – e que complexidade de estrutura! A mais complicada máquina inventada pelo homem – digamos um cérebro eletrônico – não passa de brinquedo diante do mais simples organismo. Mas aqui a maior dificuldade está na estrutura exigir tão pequenas dimensões. Fica ao nível da molécula; consiste de minuciosa ajustagem de uma molécula na outra, o que não está ao alcance de nenhum químico.

Basta considerar a magnitude dessa tarefa para admitir ser impossível a geração espontânea de um organismo. Creio eu, entretanto, que aqui estamos nós em virtude de geração espontânea. Vale a pena, numa pequena digressão, indagar o que entendemos por 'impossível'.

...O nosso conceito habitual do que seja impossível, possível ou certo deriva da nossa experiência: o número de casos abrangidos por uma vida humana ou quando muito pela história humana conhecida. Neste sentido vulgar e prático, admito que seja 'impossível' a origem espontânea da vida. É impossível quando julgamos eventos na escala da experiência humana.

Como veremos, essa concepção não tem grande significado por um motivo: o tempo que se refere ao nosso problema é o tempo geológico, diante do qual toda a duração da história humana é insignificante.

...O ponto importante está na origem da vida pertencer à categoria dos fenômenos do 'pelo menos uma vez'. Por improvável que julguemos esse evento, ou qualquer de suas etapas, um intervalo de tempo suficientemente longo permitirá quase com certeza que aconteça pelo menos uma vez. E para a vida que conhecemos, com a sua capacidade de crescimento e reprodução, uma vez pode ser o bastante.

Nesse caso, o herói de fato é o tempo. E o tempo com que contamos é da ordem de dois bilhões de anos. Perde aqui o sentido aquilo que, fundados na experiência humana, consideramos impossível. Num intervalo de tempo suficientemente longo, o impossível se torna possível, o possível, provável, e o provável, virtualmente certo. Basta esperar: o tempo, por si só, realiza milagres."

Idéias recentes sobre a origem da vida

As condições iniciais

Acredita-se hoje que, provavelmente, a composição da atmosfera primitiva foi diferente do que acreditava Oparin; ela teria contido CO, CO₂, H₂, N₂ e vapor de água (não haveria, portanto, metano nem amônia; as fontes de carbono seriam o CO e o CO₂, enquanto a de nitrogênio seria o N₂). Vapor de água e de gás carbônico teriam sido produzidos pela intensa atividade vulcânica. Mesmo assim, isso não invalida experimentos do tipo "Miller". Na realidade, foram feitas desde então muitas variantes dessa

experiência, modificando-se os gases utilizados e colocando-se algumas substâncias minerais; os cientistas chegaram a obter mais de 100 tipos de “tijolos” orgânicos simples, incluindo nucleotídeos e ATP.

O poder da argila

Algumas teorias recentes dão conta de que os longos *polímeros*, como proteinóides e fitas de ácidos nucléicos, podem ter se formado, como alternativa às rochas quentes da crosta, em “moldes” de argila. De fato, para ocorrer *polimerização*, deve haver uma alta concentração das unidades constituintes; na argila, essa concentração pode ter sido alta. Além disso, a argila pode ter agido como “catalisadora” e promovido o aparecimento de ligações simples, como as peptídicas, com perda de água. Alguns biólogos acreditam ainda que a argila foi o meio em que se formaram moléculas RNA, a partir de nucleotídeos simples. A energia para essa polimerização poderia ter sido proveniente do calor da crosta; ou do calor do sol, ou ainda da radiação ultravioleta.

Coacervados ou microesferas?

Há mais de um modelo, além da idéia de coacervados, para explicar como moléculas grandes, tipo proteinóides, teriam se agregado na água, formando estruturas maiores. O pesquisador Fox, colocando proteinóides em água, obteve a formação de pequeninas esferas.

Bilhões de microesferas podem ser obtidas a partir da mistura de um grama de aminoácidos aquecidos, algumas delas formando *cadeias*, de forma muito semelhante a algumas bactérias atuais. Cada microesfera tem uma camada externa de moléculas de água e proteínas e um meio interno aquoso, que mostra algum movimento, semelhante à ciclose. Essas microesferas podem absorver e concentrar outras moléculas existentes na solução ao seu redor. Podem também se fundir entre si, formando estruturas maiores; em algumas condições, aparecem na superfície “brotos” minúsculos que podem se destacar e crescer.

Como apareceu o gene?

Uma coisa que é importante entender: na hipótese original de Oparin, não há referência aos ácidos nucléicos; não se sabia na época que eles constituem os genes. Muita gente então acreditava que os genes fossem de natureza protéica; afinal, havia sido demonstrada a enorme importância das proteínas como enzimas, material construtor e anticorpos. Dá para entender, por isso, a ênfase que Oparin dá ao aparecimento da proteína. No entanto a hipótese original foi readaptada quando ficou patente a identidade entre genes e ácidos nucléicos.

Acredita-se hoje que a primeira molécula *informacional* tenha sido o RNA, e não o DNA. Foi feita a interessantíssima descoberta de que certos “pedaços” de RNA têm uma atividade *catalítica*: eles permitem a produção, a partir de um *molde* de RNA e de nucleotídeos, de outras fitas de RNA idênticas ao molde! A esses pedaços de RNA com atividade “enzimática”, os biólogos chamam de ribozimas. Isso permite explicar o eventual surgimento e duplicação dos ácidos nucléicos, mesmo na ausência das sofisticadas polimerases que atuam hoje.

O DNA deve ter sido um estágio mais avançado na confecção de um material genético estável; evidentemente, os primeiros DNA teriam sido feitos a partir de um molde de RNA original. Isso lembra

bastante, você vai concordar, o modo de atuação do retrovírus, como o da AIDS!

De qualquer forma, esses "genes nus", isto é, envolvidos por nada, mas livres na argila ou na água, podem ter num período posterior "fixado residência" numa estrutura maior, como um coacervado ou uma microesfera...

Um dos problemas ainda mais perturbadores nessa história toda, relaciona-se ao surgimento do CÓDIGO GENÉTICO. Em outras palavras, o aparecimento de proteínas ou de moléculas de ácidos nucléicos com a capacidade de duplicação, nas condições postuladas, pode ser imaginado sem muita dificuldade, mas permanece extremamente misterioso o método pelo qual as moléculas de ácidos nucléicos teriam tomado conta do *controle* da produção de proteínas específicas, que tivessem um valor biológico e de sobrevivência. Quem sabe o tempo se encarregará de nos fornecer novas evidências...

Os primeiros organismos: autótrofos ou heterótrofos?

Para entender claramente esta discussão, é útil recordar as equações de três processos biológicos básicos, *fermentação*, *respiração* e *fotossíntese*, que reproduzimos a seguir.

Fermentação (alcoólica): glicose → álcool etílico + CO₂ + energia

Respiração: glicose + oxigênio → CO₂ + H₂O + energia

Fotossíntese: CO₂ + H₂O + luz → (Clorofila) → glicose e O₂

Existem duas hipóteses sobre a origem da vida: a *hipótese autotrófica*, que propõe que o primeiro ser vivo foi capaz de sintetizar seu próprio alimento orgânico, possivelmente por fotossíntese, e a *hipótese heterotrófica*, que prevê que os primeiros organismos se nutriam de material orgânico já pronto, que retiravam de seu meio. A maioria dos biólogos atuais acha a hipótese autotrófica pouco aceitável devido a um fato simples: para a realização da fotossíntese, uma célula deve dispor de um equipamento bioquímico mais sofisticado do que o equipamento de um heterótrofo. Como admitir que o primeiro ser vivo, produzido através de reações químicas casuais, já possuísse esse grau de sofisticação? É claro que o primeiro ser vivo *poderia* ter surgido complexo; porém é muito menos provável que isso tenha acontecido.

Por outro lado, se o primeiro organismo era heterótrofo, o que ele comeria? Hoje os heterótrofos dependem, para sua nutrição, direta ou indiretamente, dos autótrofos autossintetizantes. No entanto não se esqueça de que, de acordo com a hipótese de Oparin, o primeiro organismo surgiu num mar repleto de coacervados orgânicos, que não haviam chegado ao nível de complexidade adequada. Esses coacervados representam então uma fonte abundante de alimento para nosso primeiro organismo, que passaria a comer seus "irmãos" menos bem sucedidos...

Admitamos um primeiro organismo heterótrofo, para o qual alimento não era problema. Pode-se obter energia do alimento através de dois processos: a *respiração* que depende de O₂ molecular, inexistente na época, e a *fermentação*, processo mais simples, cuja realização dispensa a presença de oxigênio.

Estabeleçamos, a título de hipótese mais provável, que o primeiro organismo deva ter sido um heterótrofo fermentador. A abundância inicial de alimento permite que os primeiros organismos se reproduzam com rapidez; não se esqueça também de que todos os mecanismos da evolução biológica, como a mutação e seleção natural, estão atuando, adaptando os organismos e permitindo o aparecimento de características divergentes.

Surge a fotossíntese

A velocidade de consumo do alimento, no entanto, cresce continuamente, já que o *número* de organismos aumenta; a reposição desse alimento orgânico através das reações químicas que descrevemos é obviamente muito mais lenta que o seu consumo. Perceba que, se não surgissem por evolução os autótrofos, a vida poderia ter chegado num beco sem saída por falta de alimento.

Em algum momento anterior ao esgotamento total do alimento nos mares, devem ter aparecido os primeiros organismos capazes de realizar fotossíntese; possivelmente usaram como matéria prima o CO₂ residual dos processos de fermentação. Sua capacidade de produzir alimento fechava o ciclo produtor/consumidor e permitia o prosseguimento da vida.

Surge a respiração

Um resíduo do processo fotossintético é o oxigênio molecular; por evolução devem ter surgido mais tarde os organismos capazes de respirar aerobicamente, que utilizaram o O₂ acumulado durante milhões de anos pelos primeiros autótrofos.

A respiração, não se esqueça, permite extrair do alimento maior quantidade de energia do que a fermentação. Seguramente o modo de vida "respirador" representa, na maioria dos casos, uma grande vantagem sobre o método "fermentador"; não devemos estranhar que a maioria dos organismos atuais respire, apesar de ter conservado a capacidade de fermentar.

Lembre-se, ainda, de que a presença de oxigênio molecular na atmosfera acaba permitindo o aparecimento na atmosfera da camada de ozônio, que permite a filtração de grande parte da radiação ultravioleta emitida pelo sol. Essa radiação é fortemente mutagênica; porém os organismos aquáticos estariam parcialmente protegidos, já que a água funciona como um filtro para ela. De qualquer maneira, o aparecimento do ozônio prepara o terreno para uma futura conquista do ambiente seco, caso alguns organismo um dia se aventurem a fazer experiência.

Aparece a membrana celular

É muito provável que os primeiros organismos tenham sido mais complexos do que os vírus atuais, porém mais simples do que as células mais simples que se conhecem.

Um citologista chamado Robertson acredita que, por evolução, os organismos iniciais devam ter "experimentado" vários tipos de membranas. A vantagem de uma membrana envolvente é clara: ela fornece proteção contra choques mecânicos e, portanto, maior estabilidade à estrutura; porém ela representa uma *barreira* entre o organismo e o alimento a seu redor, o que é uma desvantagem.

Assim, a membrana ideal deveria ser resistente, com um certo grau de elasticidade, sem deixar de ser suficientemente permeável. Num certo estágio da evolução dos seres vivos, apareceu a membrana lipoprotéica, que reúne todos esses atributos e certamente foi um sucesso total, já que todos os seres vivos atuais de estrutura celular a possuem.

Nesse estágio, pode-se falar em organismos procariontes, muito semelhantes às mais simples bactérias atuais.

Procariontes originam eucariontes

Uma membrana traz, entretanto, alguns problemas adicionais: ela se constitui, de certa forma, num obstáculo para o crescimento da estrutura viva. Vamos explicar: à medida que a célula cresce, seu volume aumenta, assim como a superfície de sua membrana; porém a superfície cresce MENOS proporcionalmente, do que o volume. Desse modo, a célula MAIOR se alimenta PIOR. A única forma de restabelecer a relação favorável entre superfície e volume é a divisão da célula, que, assim, nunca pode passar de um certo tamanho.

Portanto o volume dos primeiros organismos é limitado, já que a partir de um certo tamanho *tem* de acontecer divisão celular. Robertson propõe que, por *evolução biológica*, alguns organismos devem ter adquirido a capacidade genética de dobrar sua membrana para fora (evaginação). Dessa forma, sem mudanças apreciáveis de volume, aumentaria a superfície em contado como meio. Perceba que na proposta de Robertson fica implícita a idéia de que todos os orgânulos celulares membranosos tiveram a mesma origem; membranas nucleares, do retículo, do Golgi e plasmática nada mais seriam do que dobramentos de uma primitiva membrana.

Na célula atual, de fato, verificam-se dois fatos que apóiam fortemente as idéias de Robertson:

1) Há comunicação entre todas as membranas celulares, que se apresentam formando um sistema membranoso único.

2) Todas as membranas celulares têm a mesma composição e são lipoprotéicas.

Assim teriam aparecido, muito provavelmente, as primeiras células eucarióticas, que, em alguns casos, levaram vantagem quando competiam com os procariontes. Apesar disso, os procariontes continuaram existindo: são, como sabemos, as inúmeras espécies de bactérias e as cianofíceas atuais.

A origem de algumas organelas celulares

Uma teoria muito em voga atualmente a respeito da origem das organelas celulares é a *endossimbiose*. Trata-se da seguinte idéia: alguns organismos procariontes teriam sido "engolidos" por células maiores de eucariontes, ficando no interior da célula, mas com capacidade de reprodução independente e realizando determinadas funções. Acredita-se que mitocôndrias e cloroplastos possam ter se originado dessa forma. As mitocôndrias podem ter sido um dia BACTÉRIAS independentes; os cloroplastos, talvez CIANOFÍCEAS ou baterias fotossintetizantes.

Os argumentos a favor dessa idéia são muito fortes: cloroplastos e mitocôndrias possuem material genético próprio, semelhante ao DNA de bactéria. Esse DNA tem capacidade de duplicação, de transcrição; ribossomos existentes no interior desses orgânulos produzem também proteínas próprias. Por fim, ambos os orgânulos têm a capacidade de se reproduzir no interior da célula "hospedeira".

Uma "troca de favores" poderia ter se estabelecido entre a célula maior e a menor. No caso da mitocôndria, que teria obtido proteção e alimento, sua presença teria permitido que a célula maior aprendesse a RESPIRAR oxigênio, com todas as vantagens inerentes. A simbiose com um procarionte fotossintetizante faria que os eucariontes hospedeiros tivessem síntese de alimento "em domicílio", obviamente um processo muito vantajoso.