

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Bacharelado em Gestão Ambiental
MICROBIOLOGIA AMBIENTAL
Aula 2a

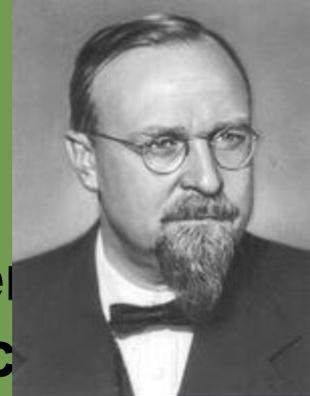
Professor Antônio Ruas

1. A origem da vida
2. Pontos principais. os eventos mais importantes na Origem da Vida.

- **1. Vida o que é?**
- Segundo alguns autores, vida é uma característica que distingue objetos que tem sinais e processos vitais dos que não tem.
- Um ser vivo que mantém sistemas vitais contíguos é um **organismo** e estes são organizados como **células**.
- Os **organismos** tem as seguintes características:
- **Homeostase**: regulação do ambiente interno para manter um estado constante.
- **Organização**: É celular. A célula é a unidade. Na célula há componentes fundamentais, os ácidos nucleicos DNA e RNA que formam genes e os fazem funcionar.
- **Metabolismo**: transformação de energia em componentes celulares (anabolismo) e em decomposição de matéria orgânica (catabolismo). Energia é necessária para o metabolismo.
- **Crescimento**: O anabolismo predomina sobre o catabolismo e o organismo cresce, mesmo que internamente.

- **1. Vida o que é?**
- **Adaptação: Modificações ocorrem em resposta ao ambiente e ocorre evolução.**
- **Estímulo gera resposta: As respostas são expressas em químicos, movimentos, sentidos.**
- **Reprodução: Habilidade de produzir novos organismos individuais, definidos geneticamente.**
-
- **Os vírus são seres vivos, mas não são organismos:**
 - **1. Possuem genes ou pré-genes organizados em RNA ou DNA;**
 - **2. Mantém adaptação e evolução;**
 - **3. Sofrem um tipo de reprodução chamada de replicação, criando cópias. Precisam de uma outra célula para esta reprodução.**
 - **4. Não tem metabolismo**

• 2. A Origem da Vida: A evolução química da vida.



- A teoria de Oparin (1924, 1936), a concepção científica da origem da vida, uma proposta de evolução química da vida, a abiogênese inicial. Os microorganismos atuais têm semelhança com os primeiros seres vivos.
-
- A vida surgiu espontaneamente sobre o planeta, através da evolução química de substâncias não vivas.
- Os eventos ocorreram há bilhões de anos. Os mesmos elementos que formam os organismos vivos (carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio) também existem fora deles. Nos vivos estão combinados para formar as moléculas complexas da vida, como proteínas, polissacarídeos, lipídios e ácidos nucleicos. A seguir uma série de teorias sobre o tema.

• 2. A Origem da Vida

- **Wöhler (1828):** "substâncias orgânicas ou complexas, como a uréia, podem ser formadas em condições de laboratório a partir de substâncias simples, inorgânicas.
- Assim se as condições adequadas surgiram da Terra, no passado, então a vida poderia ter aparecido do inorgânico. Os tijolos básicos são: açúcares simples, os 20 tipos de aminoácidos, os 4 nucleotídeos de DNA e os 4 de RNA, e os lipídios
- Depois de Wöhler, 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.

• 3. As ideias de Oparin

- 1) Sabe-se que o planeta formou-se 4,5 bilhões de anos atrás e as primeiras evidências de vida surgiram um bilhão de anos depois, quando a crosta se solidificou, há 3,5 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. As idéias de Oparin

-
- **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.**

• 3. As idéias de Oparin

- 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*, que continham lipídios e mantinham-se separados no meio (1-100 μm).

• 3. As idéias de Oparin

- 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 (a diferença entre vida e não vida é a complexidade de organização).
- Os coacervados teriam que atingir a propriedade de duplicar-se.
- Admite-se que isto foi o primórdio da vida, sob forma extremamente primitiva.



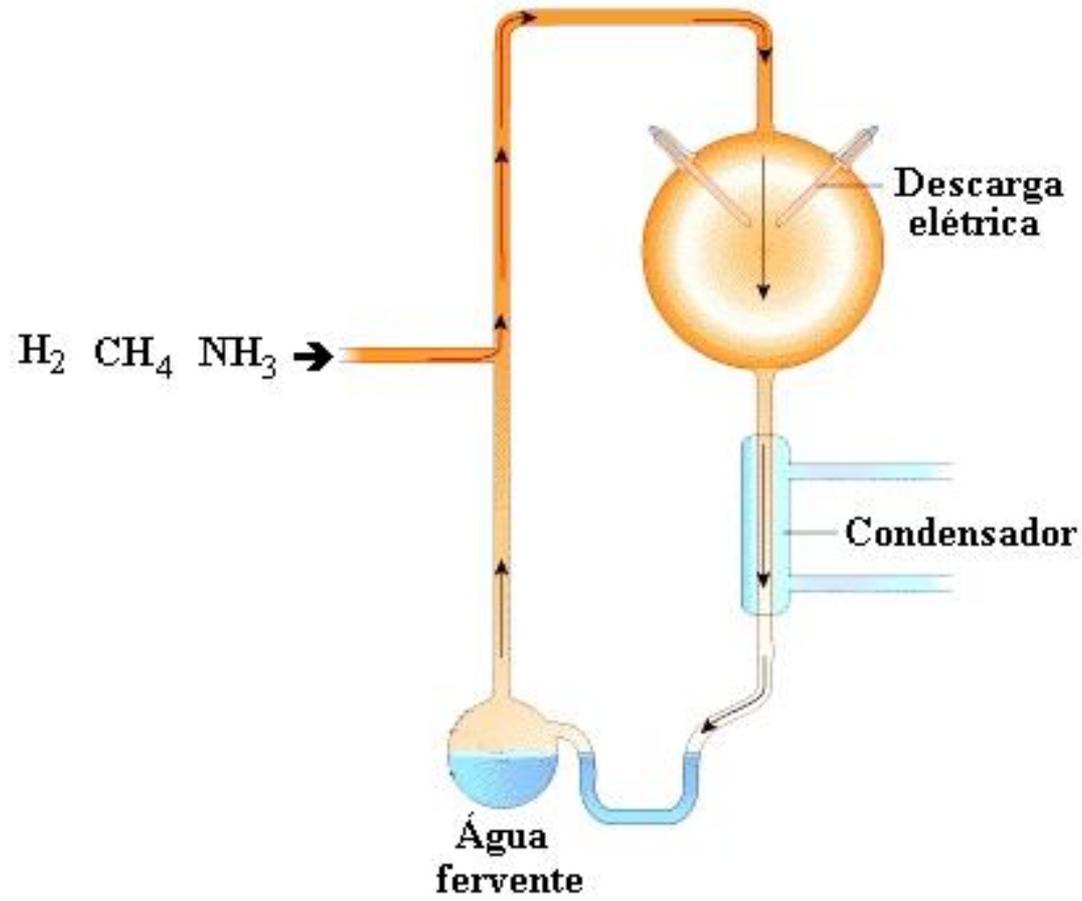
• 4. Experiências confirmadoras.

- Miller (1953) reproduziu 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.

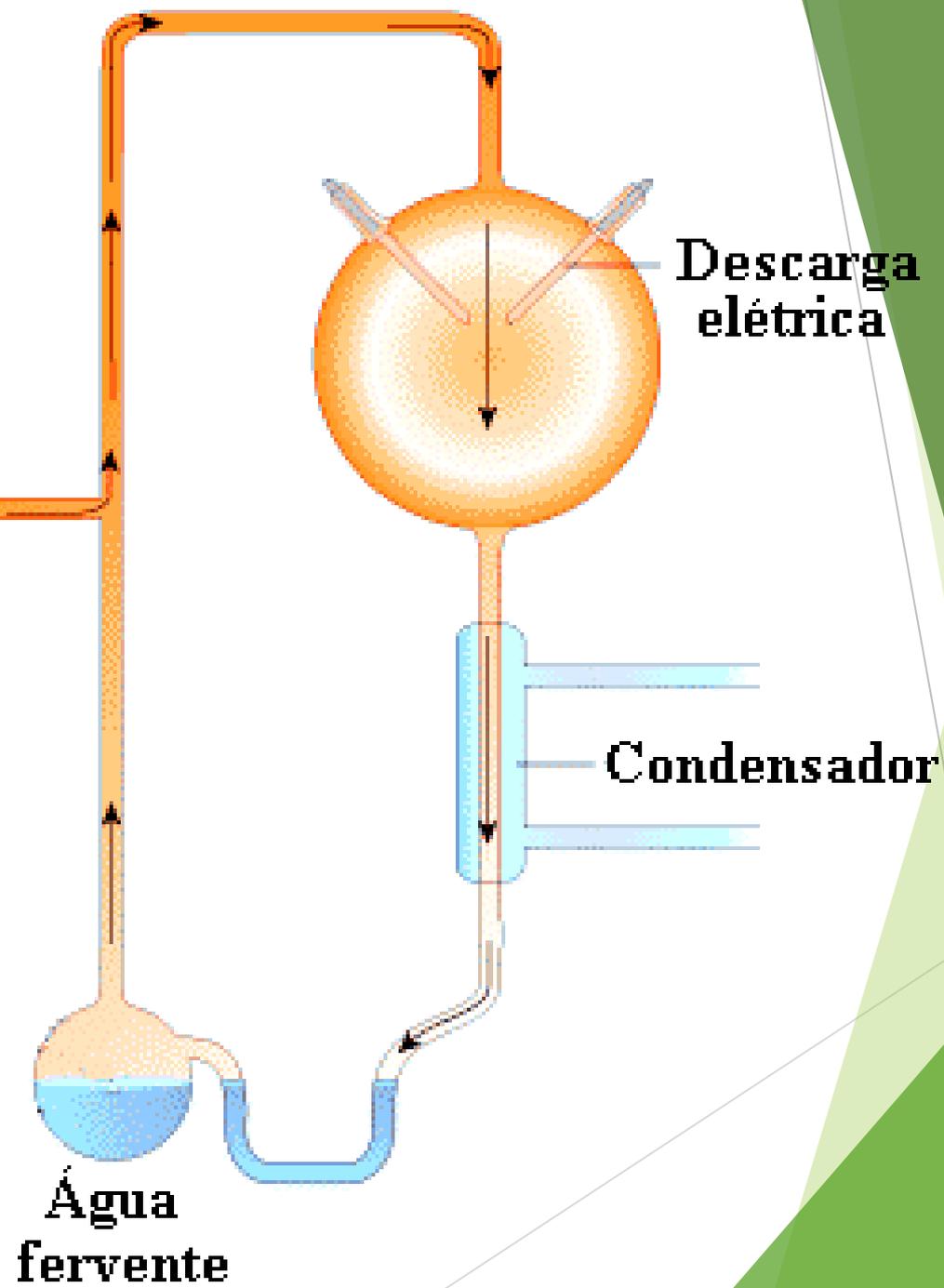
- Num certo lugar do aparelho, a mistura era submetida a descargas elétricas constantes, simulando os “raios” das tempestades que se acredita terem existido na época. Um pouco adiante, a mistura era esfriada e, ocorrendo condensação, tornava-se novamente líquida. Ao fim da semana, a água do reservatório, analisada pelo método da cromatografia, mostrou a presença de muitas moléculas orgânicas, entre as quais alguns aminoácidos.

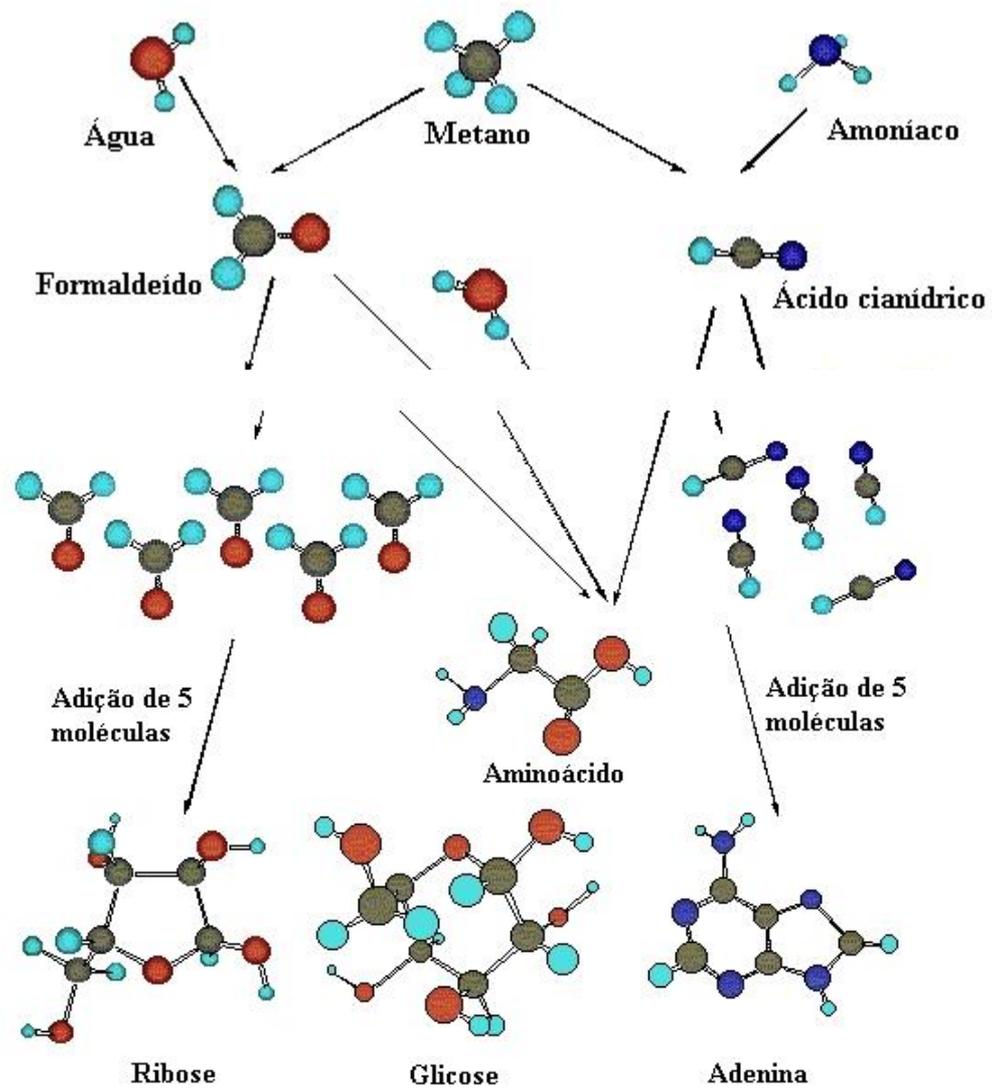
• 4. Experiências confirmadoras.

- Miller não provava que aminoácidos se formaram na atmosfera primitiva; demonstrava que, caso as condições de Oparin tivessem se verificado, a síntese de aminoácidos teria sido possível.
- Sidney Fox (1957), aqueceu uma mistura seca de aminoácidos e verificou que entre muitos deles acontecem ligações peptídicas, formando-se moléculas semelhantes a proteínas (na ligação peptídica ocorre perda de água ou desidratação).
- Presume-se que os aminoácidos caíram sobre as rochas quentes, trazidos pela água da chuva e poderiam ter sofrido combinações formando moléculas maiores, os proteinóides, que acabariam sendo carregadas aos mares em formação.



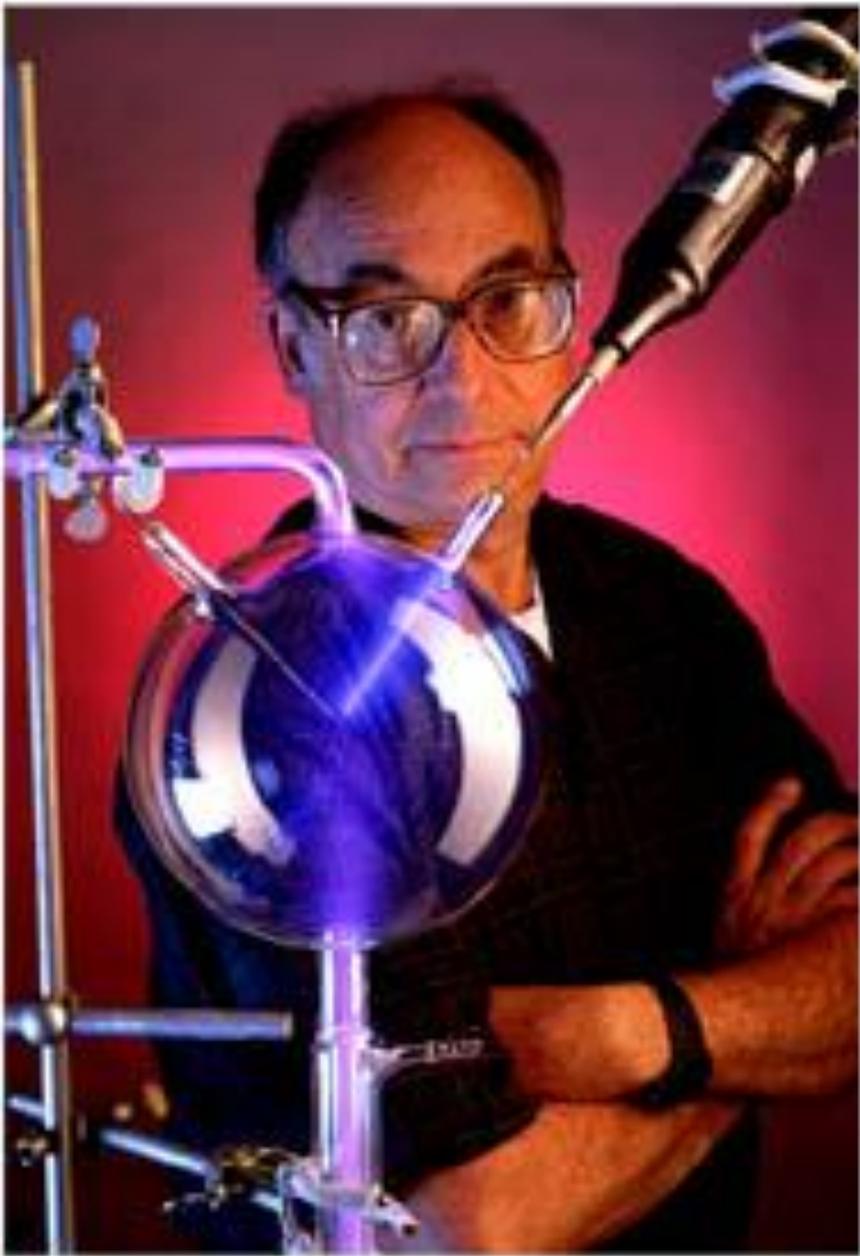
H_2 CH_4 NH_3 →





Stanley Lloyd Miller

1930 - 2007



• 4. Experiências confirmadoras.

-
- Fox tentou testar parte das ideias de Oparin, e, seu ponto de partida foram as experiência de Miller.
- A química dos colóides explica a reunião de grandes moléculas em certas condições, formando os agregados chamados de coacervados.
- Fox também observou a formação do que chamou de microsferas observando reações sobre lavas de vulcões. Estas microsferas continham proteinóides. As microsferas mantinham-se isoladas por sistema de membranas e se duplicavam, semelhante às células.

• 4. Experiências confirmadoras.

- 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.

• 4. Experiências confirmadoras.

- Os coacervados podem ainda ter originado proteinóides, agregado na água e formado 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.

• 4. Experiências confirmadoras.

- George Wald (Nobel em 1967), declarou que “...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.
- Experiências recentes conseguiram obter mais de 100 tipos de “tijolos” orgânicos simples, incluindo nucleotídeos e ATP.

• 5. Como apareceram os genes?

- Na hipótese original de Oparin, não há referência aos ácidos nucleicos. Não se sabia na época que eles constituem os genes.
- Acreditava-se então que os genes fossem de natureza protéica. 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 nucleicos.
- Acredita-se hoje que a primeira molécula informacional tenha sido o RNA, e não o DNA.

• 5. Como apareceram os genes?

- Descobriu-se 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 nucleicos, 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 o modo de atuação do retrovírus, como o da AIDS.

• 5. Como apareceram os genes?

- 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.
- Permanece 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.

• 6. Os primeiros organismos: autótrofos ou heterótrofos?

- Recorde-se as equações de três processos biológicos básicos, fermentação, respiração e fotossíntese, que reproduzimos a seguir.
- Fermentação (alcoólica): glicose \rightarrow álcool etílico + CO_2 + energia
- Respiração: glicose + oxigênio \rightarrow CO_2 + H_2O + energia
- Fotossíntese: CO_2 + H_2O + luz (Clorofila) \rightarrow glicose e O_2
- A hipótese autotrófica propõe que o primeiro ser vivo foi capaz de sintetizar seu próprio alimento orgânico, possivelmente por fotossíntese.
- A hipótese heterotrófica, prevê que os primeiros organismos se nutriam de material orgânico já pronto, que retiravam de seu meio.

• 6. Os primeiros organismos: autótrofos ou heterótrofos?

- A hipótese autotrófica é pouco aceitável para a origem da vida, devido a: 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.

• 6. Os primeiros organismos: autótrofos ou heterótrofos?

- 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 autótrofos.
- Observa-se 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.

• 6. Os primeiros organismos: autótrofos ou heterótrofos?

- Admite-se um primeiro organismo heterótrofo, para o qual alimento não era problema. Agora, a energia do alimento tem que ser obtida através de dois processos: a respiração que depende de O_2 molecular, inexistente na época, e a fermentação, processo mais simples, cuja realização dispensa a presença de oxigênio.
- Neste sentido, a hipótese mais provável, é 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 esquecer 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.

• 7. 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.

• 8. Surge a respiração celular e os organismos respiradores.

- 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 celular, não esquecer, permite extrair do alimento por exemplo na queima da glicose, 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.

• 8. Surge a respiração celular e os organismos respiradores.

- 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 organismos um dia se aventurem a fazer experiência.

• 9. 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.
- O citologista Robertson (1960) postulou que a evolução inicial permitiu que os organismos tenham 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.

• 9. Aparece a membrana celular

- 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.



Estromatólitos contendo cianobactérias fossilizadas, com 3,5 bilhões de anos. Estima-se que a vida surgiu entre 3,5-3,9 Ga anos.

• 10. Surgem os eucariontes, dos procariontes.

- Uma membrana traz, entretanto, alguns problemas adicionais: ela se constitui, de certa forma, num obstáculo para o crescimento da estrutura viva.
- A 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. Deste 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.

• 10. Surgem os eucariontes, dos procariontes.

- Portanto o volume dos primeiros organismos é limitado, já que a partir de um certo tamanho tem de acontecer divisão celular.
- Robertson propõe ainda que a evolução dotou alguns organismos da capacidade genética de dobrar sua membrana para fora (evaginação).
- Desta forma, sem mudanças apreciáveis de volume, aumentaria a superfície em contato com o 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.

• 10. Surgem os eucariontes, dos procariontes.

- 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.

• 11. Algumas organelas dos eucariontes são procariontes em endossimbiose.

- A teoria atual a respeito da origem das organelas celulares é a endossimbiose. Trata-se da seguinte ideia: 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.

• 11. Algumas organelas dos eucariontes são procariontes em endossimbiose.

- 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”, um processo muito vantajoso.