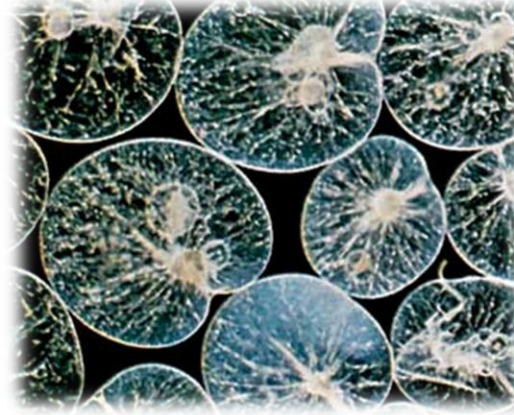


Unidade 7

Evolução Biológica



1- Unicelularidade e Multicelularidade

Aulas nº 27, 30 e 37
Dias:

19 Nov:
26 Nov;
5 Jan.

Prof. Ana Reis 2008



Unicelularidade e multicelularidade

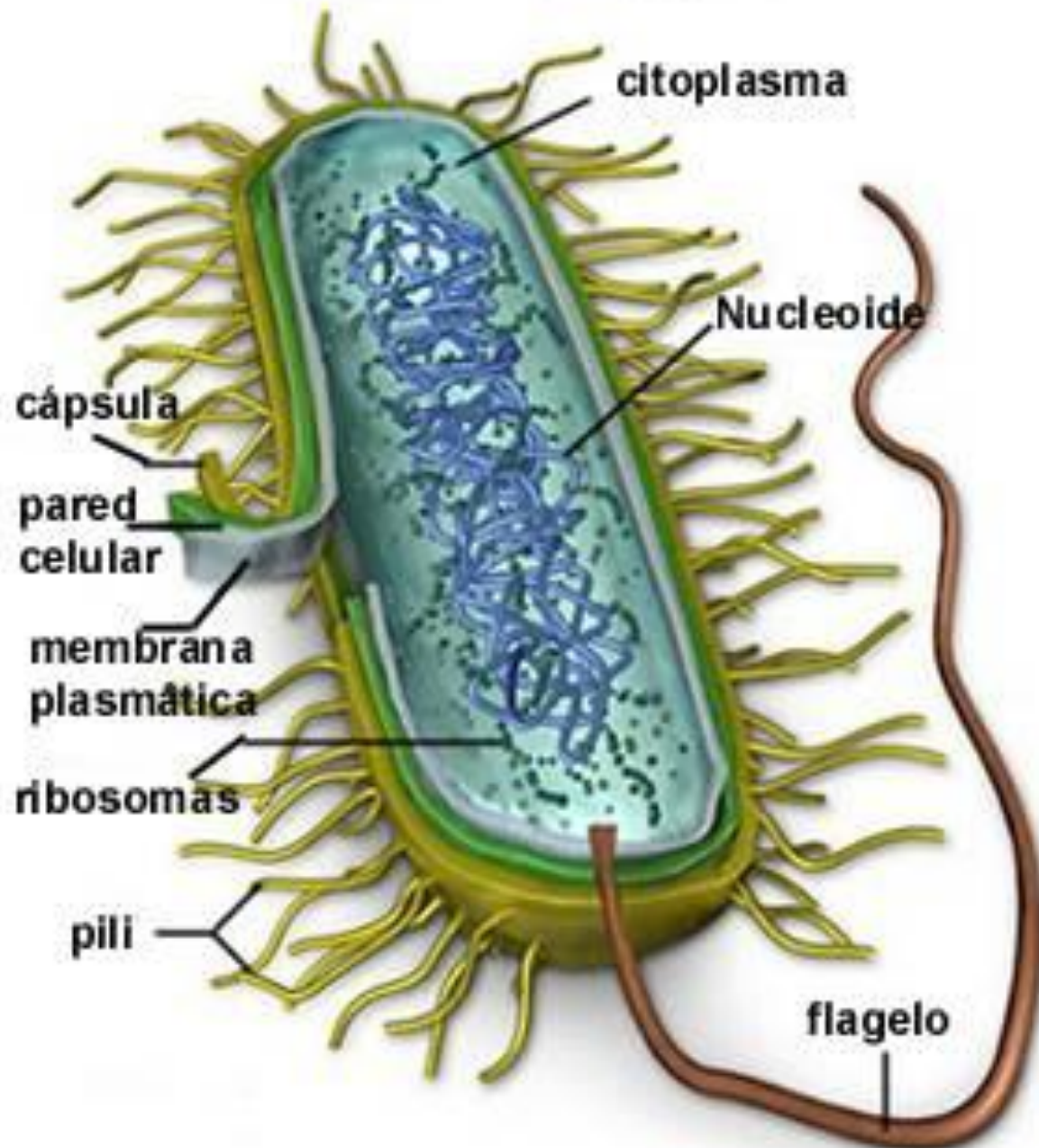
“ No princípio Deus criou os céus e a terra. E a terra era sem forma e vazia; e havia trevas sobre a face do abismo; e o espírito de Deus movia-se sobre a face das águas. ”

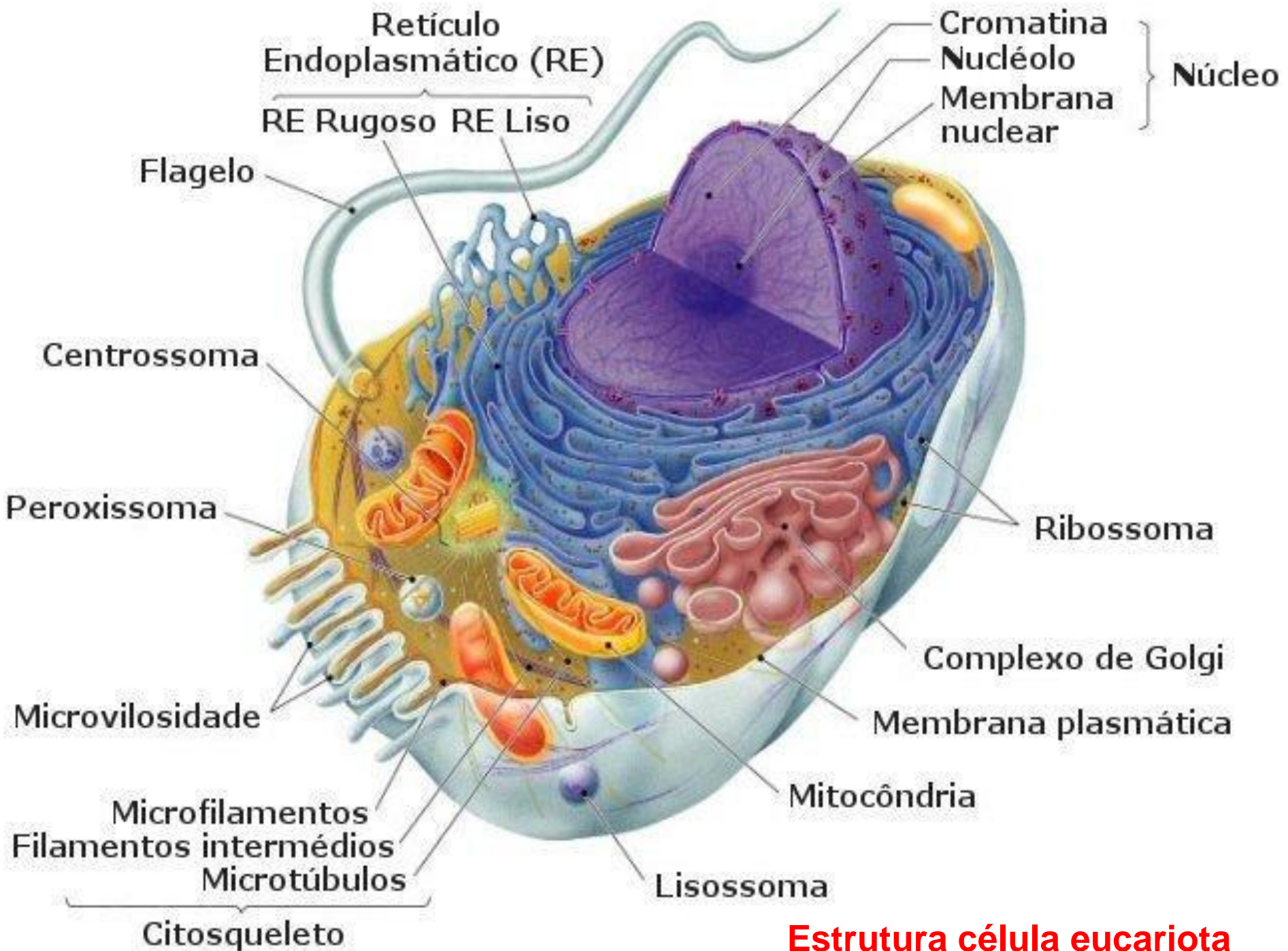
in Livro do Génesis

Como é que a ciência e a sociedade têm interpretado a grande diversidade de seres vivos?

- A enorme diversidade de seres vivos resultou de um longo e atribulado processo evolutivo.
- Os seres vivos conhecidos na Terra podem ser divididos em dois grandes grupos :
 - **seres procariontes**;
 - **seres eucariontes**.
- O principal critério de distinção entre estes dois grupos é a sua **organização celular**:
 - Os **seres procariontes** apresentam células simples, sem um verdadeiro núcleo.
 - Os **seres eucariontes** apresentam-se constituídos por células complexas, com núcleo organizado e diversos organelos membranares.

Estrutura célula procariota





Estrutura célula eucariota



Que acontecimentos terão tido lugar neste planeta que justifiquem o surgimento de seres vivos e da sua enorme diversidade?

Que processos justificam a existência de seres procariontes e outros eucariontes?

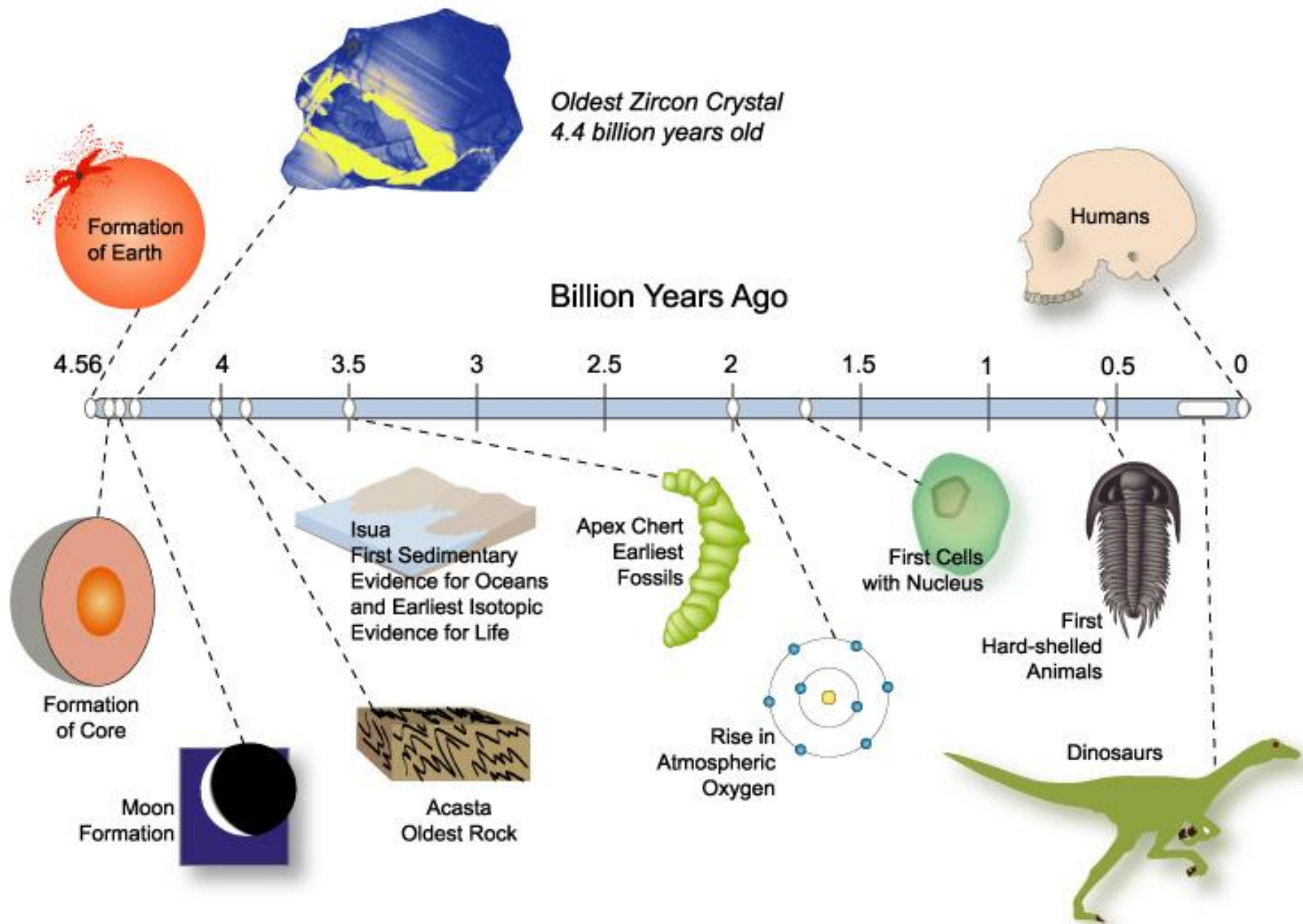


O que terá levado alguns desses eucariontes a tornarem-se multicelulares, enquanto que outros permaneceram formados por uma só célula?



- O planeta **Terra formou-se há cerca de 4600 milhões de anos (M.a.)**.
- Os primeiros milhões de anos da história do planeta terão sido tumultuosos.
- Os corpos do Sistema Solar, estão recém-formados, procuravam, ainda, a **estabilidade**.
- **Os bombardeamentos meteoríticos** sucediam-se a um ritmo muito elevado, até há cerca de 3900 M. a.
- A partir de 3900 M.a., a Terra entrou numa fase mais calma da sua **evolução**, a temperatura foi diminuindo, criando-se um **ambiente mais propício** para que se pudessem criar **moléculas complexas**, sem que fossem imediatamente destruídas pelo calor.

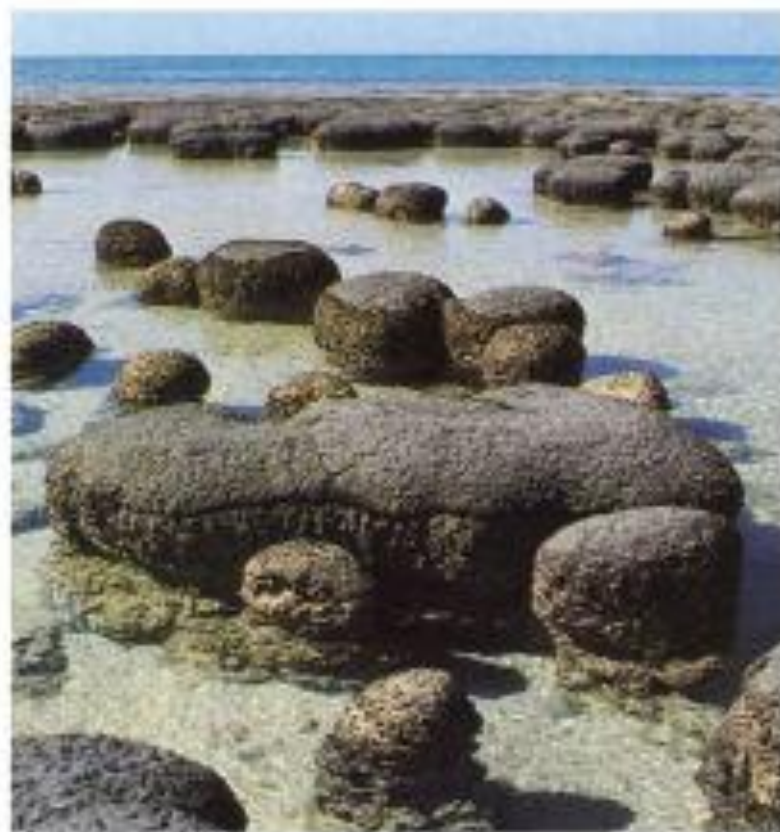




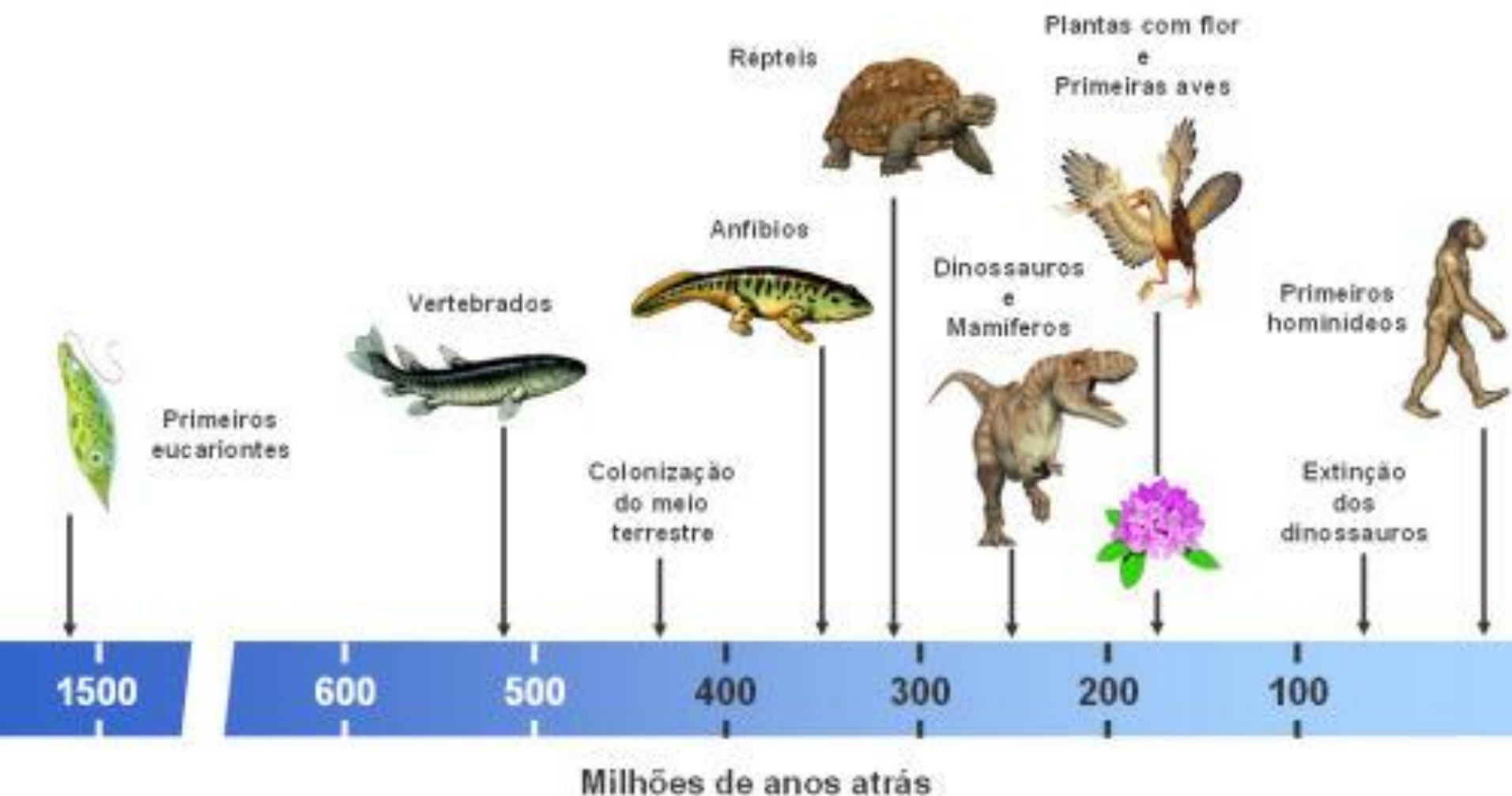


Bactérias filamentosas fossilizadas com 3500 M.a.

Estromatólitos



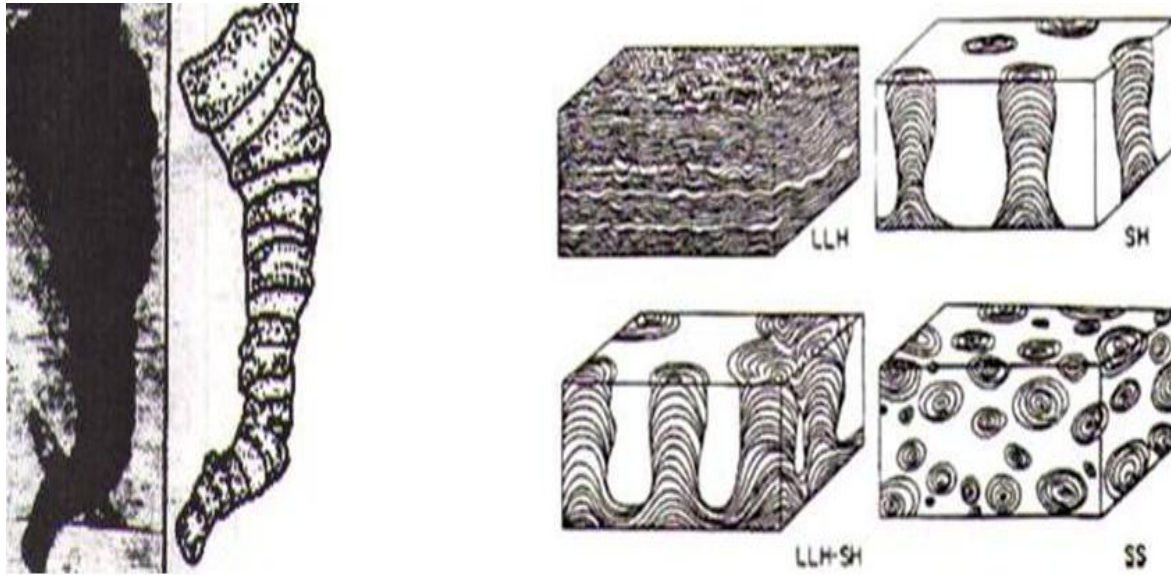
Evolução biológica



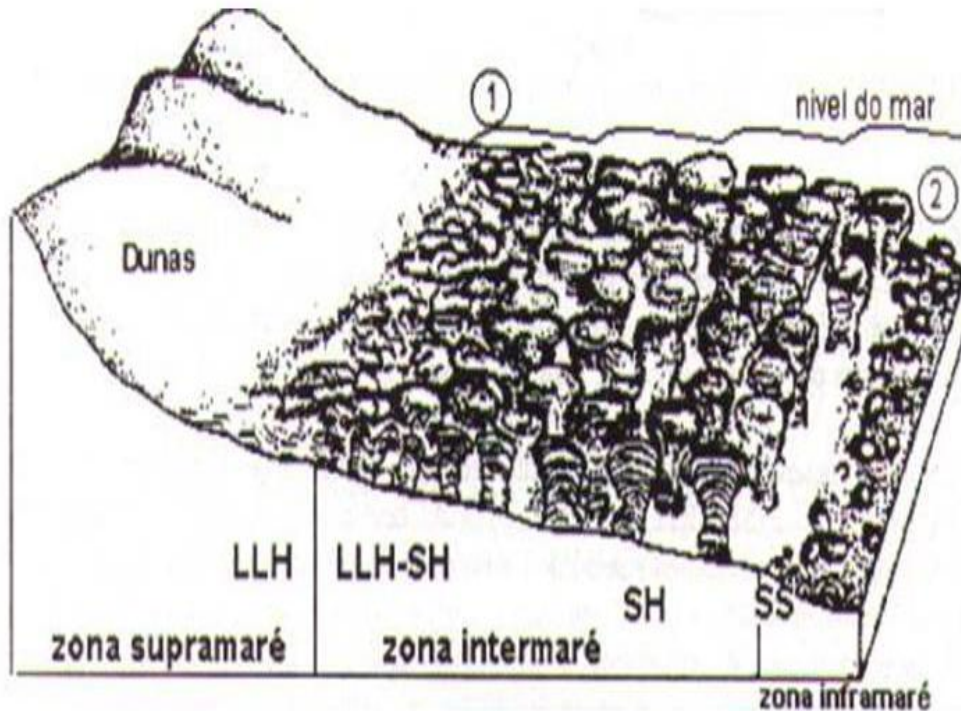
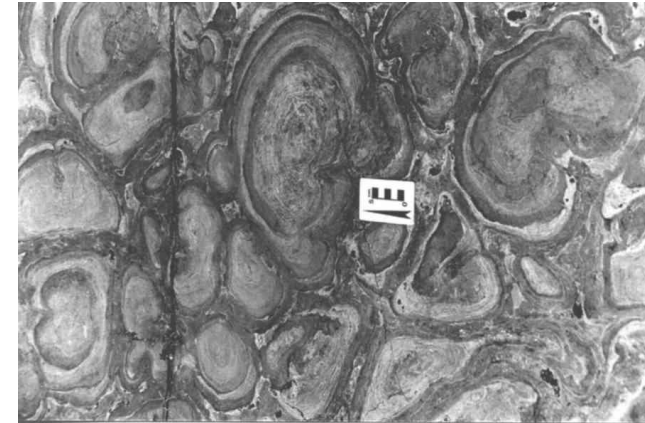
- Segundo esta hipótese, as moléculas orgânicas, ao interagirem entre si, terão originado sistemas com elevados níveis de organização, designados por **protobiontes**.
- Os protobiontes seriam agregados moleculares incapazes de se reproduzirem de forma regular.
- Contudo, modelos laboratoriais mostraram que estes agregados podem originar, embora de uma forma pouco controlada, novos protobiontes.
- Por outro lado, os protobiontes já seriam capazes de manter um certo equilíbrio do seu meio interno e de reagir a certos estímulos do meio.

- O aumento gradual da complexidade destes protobiontes terá levado ao aparecimento dos primeiros seres vivos.
- Inicialmente unicelulares e de constituição muito simples, os primeiros seres vivos seriam semelhantes aos actuais seres procariontes.
- Os mais antigos registos fósseis que se conhecem têm cerca de 3500 M.a. e corroboram esta hipótese.
- Estes fósseis de procariontes filamentosos assemelham-se a algumas das actuais bactérias.

Estromatólitos



Fóssil de bactéria datado de 3500 M.a., encontrado na Austrália, que constitui o vestígio de vida mais antigo.



Dos Procariontes...

- Ao longo de vários milhões de anos, os seres procariontes habitaram ambientes aquáticos e foram-se diversificando, sobretudo no que se refere ao seu metabolismo.
- Alguns desses seres unicelulares desenvolveram um processo metabólico que conduzia à libertação de oxigénio – a **fotossíntese**.
- Desta forma, há cerca de **2700 M.a.**, o **oxigénio começou a acumular-se na atmosfera**.
- O **surgimento de oxigénio na atmosfera** teve um impacto brutal na vida dos únicos habitantes da Terra (os procariontes).

- Este gás, muito reactivo, estabelece ligações com diversas moléculas destruindo-as ou modificando-as drasticamente.
- Desta forma, muitos grupos de procariontes foram extintos, envenenados pelo oxigénio.
- Contudo, alguns conseguiram sobreviver em ambientes que permaneciam anaeróbios.
- Entre os sobreviventes, contam-se indivíduos que desenvolveram a capacidade de resistirem ao oxigénio.
- Entre eles, houve um grupo, que à semelhança das actuais **mitocôndrias**, era capaz de aproveitar este gás para oxidar os compostos orgânicos, obtendo assim uma grande quantidade de energia.

... aos Eucariontes.

- Apesar destas capacidades, fotossíntese e respiração, a simplicidade dos organismos procariontes limitava os processos metabólicos que podiam ser realizados simultaneamente.
- Alguns grupos de procariontes evoluíram e aumentaram a sua complexidade, tendo, muito provavelmente, estado na origem dos **organismos eucariontes**.
- Fundamentalmente, existem duas hipóteses que tentam explicar a origem dos seres eucariontes a partir dos seres procariontes:

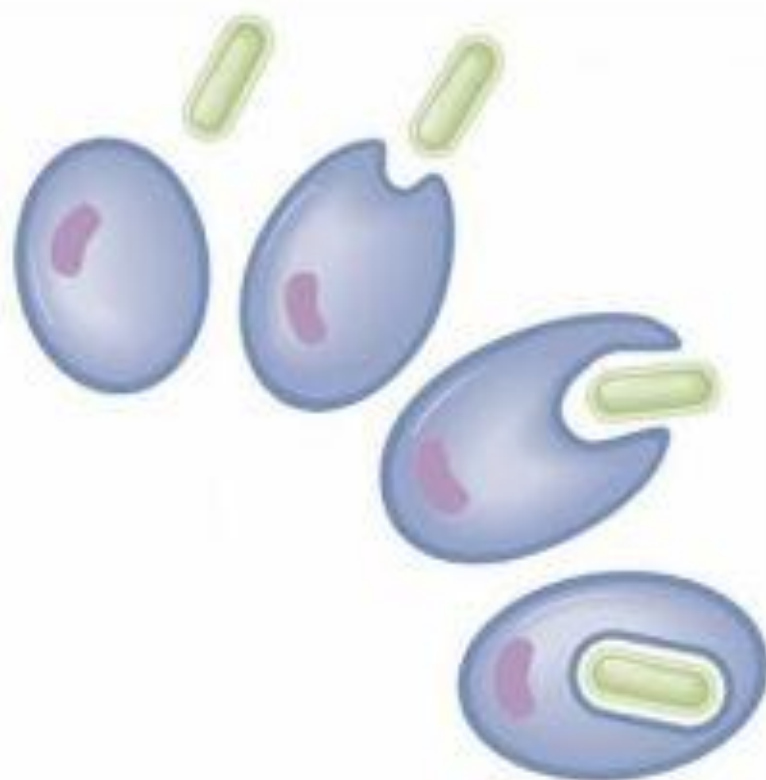
Hipótese Autogénica

Hipótese Endossimbiótica

► Dos procariontes aos eucariontes

A vida terá evoluído a partir de organismos simples, os **procariontes**, dos quais terão surgido os **eucariontes**.

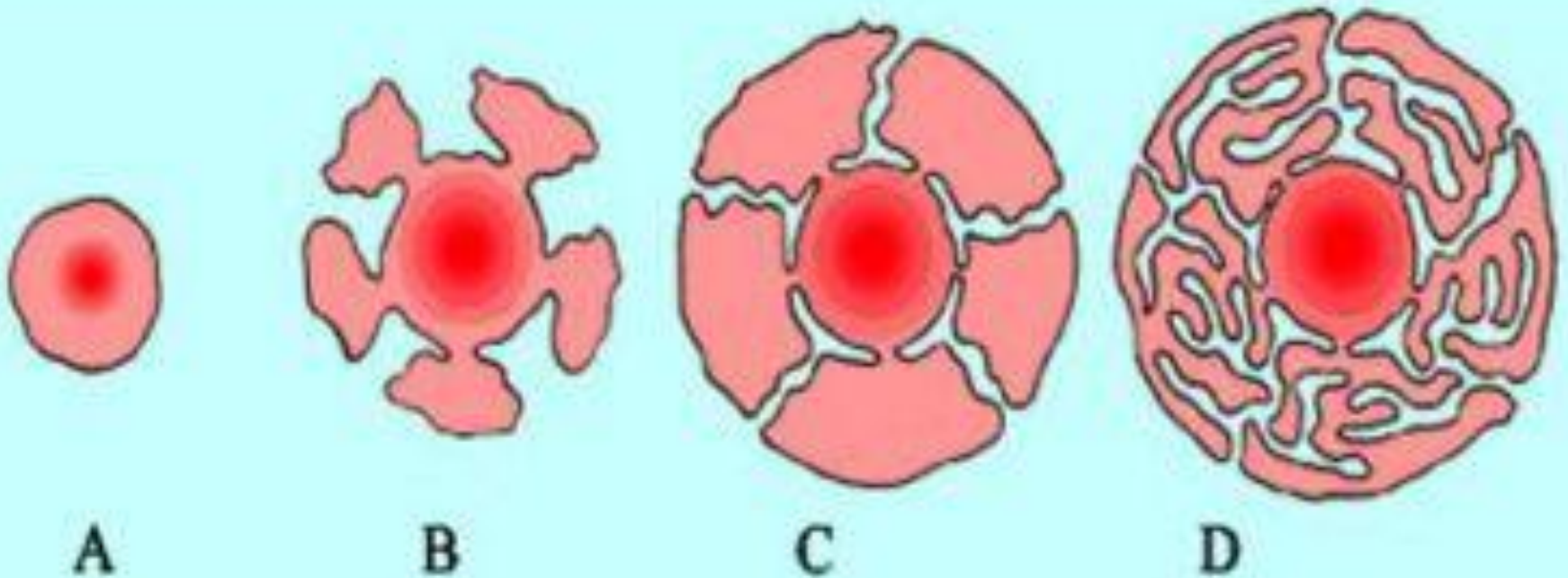
As hipóteses **autogénica** e **endossimbiótica** apresentam mecanismos explicativos desta evolução.



Hipótese Autogénica

- Segundo esta hipótese, os seres eucariontes são o resultado de uma evolução gradual dos seres procariontes.
- Numa fase inicial, as células desenvolveram sistemas endomembranares resultantes de invaginações da membrana plasmática.
- Algumas dessas invaginações armazenavam o DNA, formando um núcleo.
- Outras membranas evoluíram no sentido de produzir organelos semelhantes ao retículo endoplasmático.

- Posteriormente, algumas porções do material genético abandonaram o núcleo e evoluíram sozinhas no interior de estruturas membranares.
- Desta forma, formaram-se organelos como as **mitocôndrias** e os **cloroplastos**.
- Esta hipótese pressupõe que o material genético do núcleo e dos organelos (sobretudo das mitocôndrias e dos cloroplastos) tenha uma estrutura idêntica.
- O material genético destes organelos apresenta, geralmente, uma maior semelhança com o das bactérias autónomas, **do que com o material genético presente no núcleo**.
- Estas e outras observações levaram ao desenvolvimento de um outro modelo ou hipótese – a **Hipótese Endossimbiótica**



Hipótese Autogénica – a invaginação e a especialização progressiva da membrana celular teria originado os organitos

Hipótese Autogénica

Não se verifica

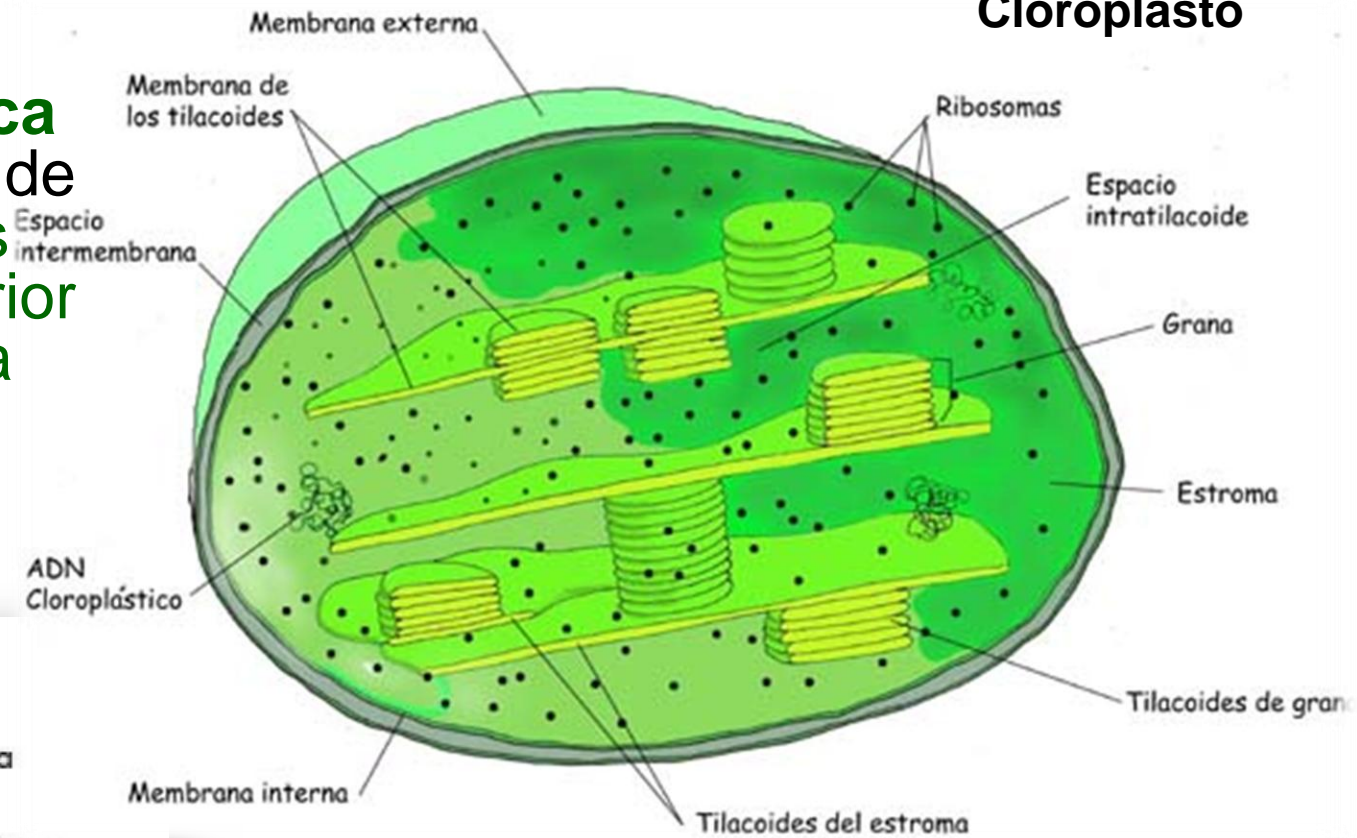
Hipótese Endossimbiótica

- Esta hipótese parece reunir um maior consenso entre a comunidade científica.
- Esta hipótese, largamente desenvolvida por **Lynn Margulis** da Universidade do Massachussetts,
- Defende que :

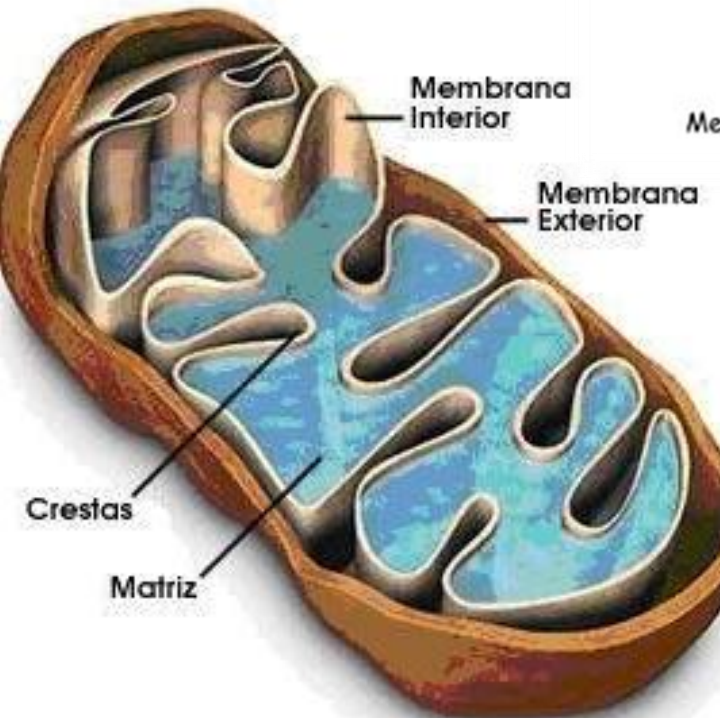
Os seres eucariontes terão resultado da evolução conjunta de vários organismos procariontes os quais foram estabelecendo associações simbióticas entre si.

- O termo **endossimbiótica** resulta do facto de algumas células viverem no interior de outras, numa relação de simbiose.

Cloroplasto



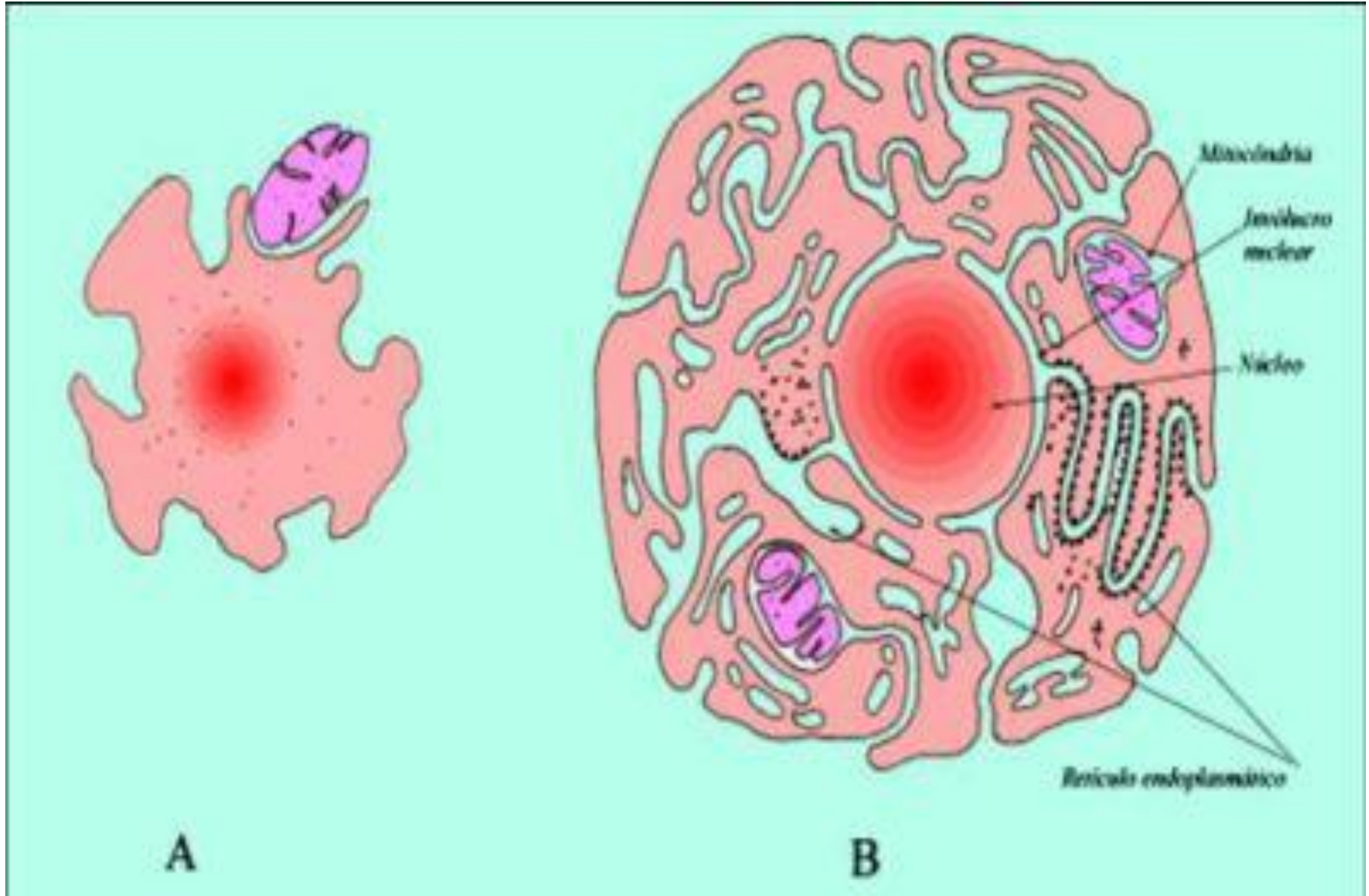
Mitocondria



- Embora este modelo admita que os sistemas endomembranares e o núcleo tenham resultado de invaginações da membrana plasmática, **as mitocôndrias e os cloroplastos seriam, até acerca de 2100 M.a., organismos autónomos.**

Hipótese Endossimbiótica

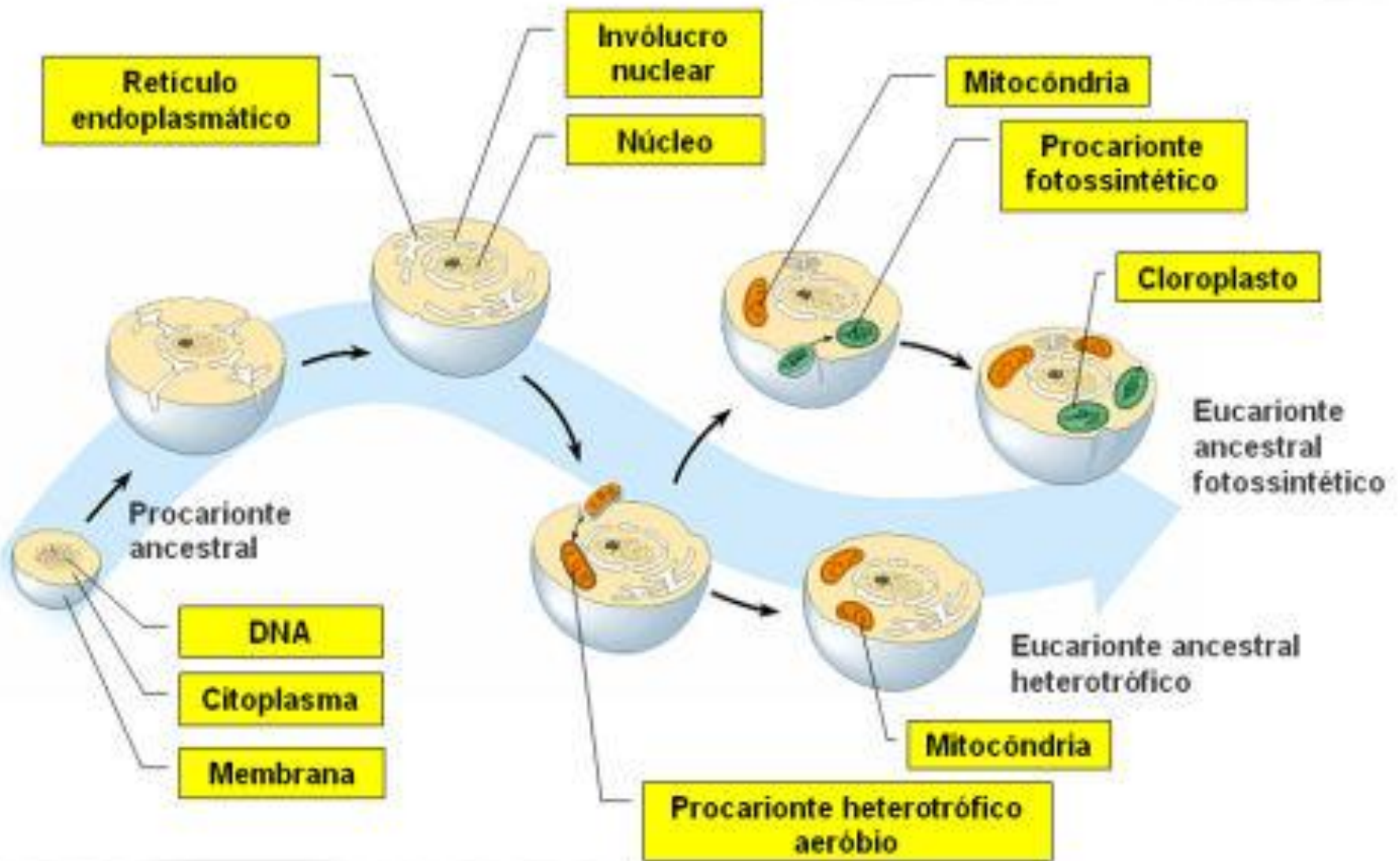
as células eucarióticas seriam o resultado da associação de células procarióticas simbióticas



- Nessa altura, algumas células de maiores dimensões (células hospedeiras) terão capturado células mais pequenas, como os ancestrais das mitocôndrias e dos cloroplastos.
- Alguns destes ancestrais conseguiram sobreviver no interior da célula procariótica de maiores dimensões, estabelecendo-se relações de simbiose.
- A íntima cooperação entre estas células conduziu ao estabelecimento de uma relação simbiótica estável e permanente.

- A **evolução conjunta** destes organismos terá levado ao surgimento das **células eucarióticas** constituídas por vários organelos, alguns dos quais foram, em tempos, **organismos autónomos**.
- Assim, as **primeiras relações endossimbióticas** terão sido estabelecidas com os **ancestrais das mitocôndrias**.
- Os **ancestrais das mitocôndrias** seriam organismos que tinham **desenvolvido a capacidade de produzir energia**, de forma muito rentável, **utilizando o oxigénio no processo de degradação de compostos orgânicos**.

Origem dos eucariontes



- Por outro lado, outro grupo de procariontes, semelhante às actuais **cianobactérias**, tinha desenvolvido a capacidade de produzir compostos orgânicos utilizando a energia luminosa.
- A associação das células procarióticas de maiores dimensões com estes seres, **ancestrais dos cloroplastos**, conferia-lhes vantagens evidentes.
- Mas, **nem todas as células eucarióticas possuem cloroplastos**.

- Este facto é explicado, segundo a **Hipótese Endossimbiótica**, pelo **estabelecimento de relações simbióticas de forma sequencial**.
- Isto é, as **primeiras relações endossimbióticas** terão sido estabelecidas com os ancestrais das **mitocôndrias** e, **só posteriormente**, algumas dessas **células** terão estabelecido relações de simbiose com os **ancestrais dos cloroplastos**.
- São diversas as **evidências biológicas e bioquímicas** que apoiam a **Hipótese Endossimbiótica** para a origem das mitocôndrias e dos cloroplastos:
 - - As mitocôndrias e os cloroplastos têm dimensões semelhantes às das bactérias;

- As mitocôndrias e os cloroplastos produzem as suas próprias membranas internas e replicam-se por um processo semelhante à divisão binária que ocorre nas bactérias;
- Estes organelos possuem o seu próprio material genético, apresentando uma molécula de DNA circular, sem histonas associadas (à semelhança do que acontece com a maioria dos procariontes actuais);
- Os ribossomas dos cloroplastos apresentam mais semelhanças com os ribossomas dos procariontes, do que com os ribossomas do citoplasma das células eucarióticas;

- Os ribossomas das mitocôndrias apresentam uma grande variabilidade, de acordo com o grupo de células eucarióticas onde se encontram;
- No entanto, genericamente, estes ribossomas são mais semelhantes aos ribossomas dos procariontes do que aos eucariontes;
- Na membrana interna destes organelos existem enzimas e sistemas de transporte que se assemelham aos que estão presentes nos actuais procariontes.
- Assim, admite-se que as membranas internas derivem das membranas dos procariontes endossimbióticos;

- - Actualmente, continuam a verificar-se alguns casos de simbiose obrigatória entre alguns eucariontes e bactérias, constituindo verdadeiras relações endossimbióticas.
- Além destes argumentos, verifica-se ainda que alguns dos genes necessários para o funcionamento das mitocôndrias e dos cloroplastos estão presentes no núcleo da célula eucariótica, o que poderia ser um argumento a favor do modelo autogénico.
- Por outro lado, verificam-se trocas de sequências de DNA entre as mitocôndrias (e entre os cloroplastos) de uma célula.
- Além disso, algumas porções de DNA destes organelos semiautónomos são trocados com o núcleo das células onde se encontram.
- Assim, admite-se que, no decurso do processo de evolução conjunta, alguns genes das mitocôndrias terão sido transferidos para o núcleo da célula hospedeira.

procariontes aeróbios de vida livre



procarionte

procariontes fotossintéticos de vida livre

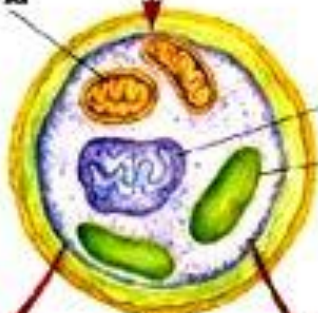


procarionte simbiótico



procarionte simbiótico

bactéria torna-se mitocôndria



núcleo

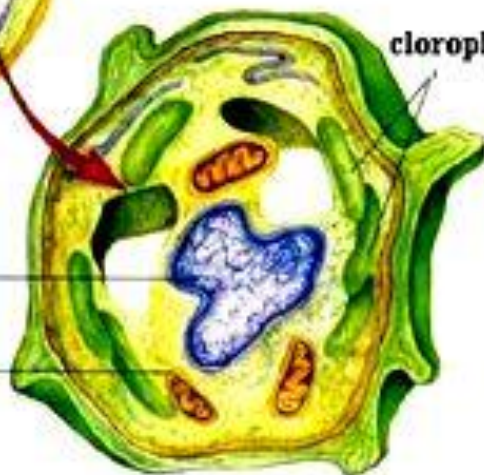
bactéria torna-se cloroplasto



Célula animal

núcleo

mitocôndria



cloroplasto

Célula vegetal

Representação esquemática da teoria endossimbiótica

► Princípios do modelo endossimbiótico

- Uma célula procariótica capturava outras que sobreviviam no seu interior estabelecendo relações **simbióticas** com ela;
- As relações tornaram-se permanentes com interdependência **estável** entre as células;
- As células-hóspedes constituíram-se como **organelos** da célula hospedeira, formando-se uma célula eucariótica.



► Fundamentos do modelo endossimbiótico

- **Mitocôndrias** e **cloroplastos** assemelham-se a **bactérias** na forma, tamanho e estrutura;
- Estes organelos produzem as suas **membranas** internas, **dividem-se** independentemente da célula e contêm DNA em moléculas **circulares** não associadas a proteínas;
- Os seus **ribossomas** são mais parecidos com os da célula procariótica;
- Actualmente, encontram-se associações **simbióticas** entre bactérias e alguns eucariontes.



Da Unicelularidade à Multicelularidade

- Após a formação dos seres eucariontes, a vida na Terra apresentava uma grande diversidade.
- Organismos capazes de produzir compostos orgânicos, utilizando a energia luminosa, libertavam oxigênio para a atmosfera.
- Outros desenvolviam a capacidade de aproveitar esse oxigênio para degradar compostos orgânicos e obterem, assim, energia necessária para as suas funções.
- Alguns organismos estabeleciam relações simbióticas, de tal forma vantajosas que se tornariam permanentes.

- Os eucariontes, seres maiores, reuniam diversas capacidades na mesma célula e competiam entre si pelo alimento e pelo espaço.
- A crescente competição levaria ao aparecimento de uma nova classe de seres vivos – os **organismos multicelulares**.
- De facto, a associação entre alguns seres unicelulares poderá ter sido vantajosa neste ambiente de competição.
- Os organismos multicelulares terão surgido na Terra há cerca de 1500 M.a.
- Na sequência do processo de reprodução, algumas células geradas **não se libertariam das células progenitoras após a divisão**.
- Este terá sido o primeiro passo para a multicelularidade.
- Os **ancestrais dos organismos multicelulares** seriam simples agregados de seres unicelulares, que formavam estruturas designadas colónias ou agregados coloniais.

- Inicialmente, todas as células da colónia **desempenhavam a mesma função.**
- Contudo, ao longo do tempo algumas das células do agregado colonial **ter-se-ão especializado em determinadas funções.**
- A diferenciação celular, relacionada com uma função específica, e em que se verifica uma interdependência estrutural e funcional das células, ter-se-á acentuado no decurso da evolução, originando verdadeiros seres multicelulares.
- Actualmente, existem ainda organismos que vivem sob a forma de colónias.
- De facto, existem organismos formados por várias células sem contudo, existir qualquer especialização dessas células.

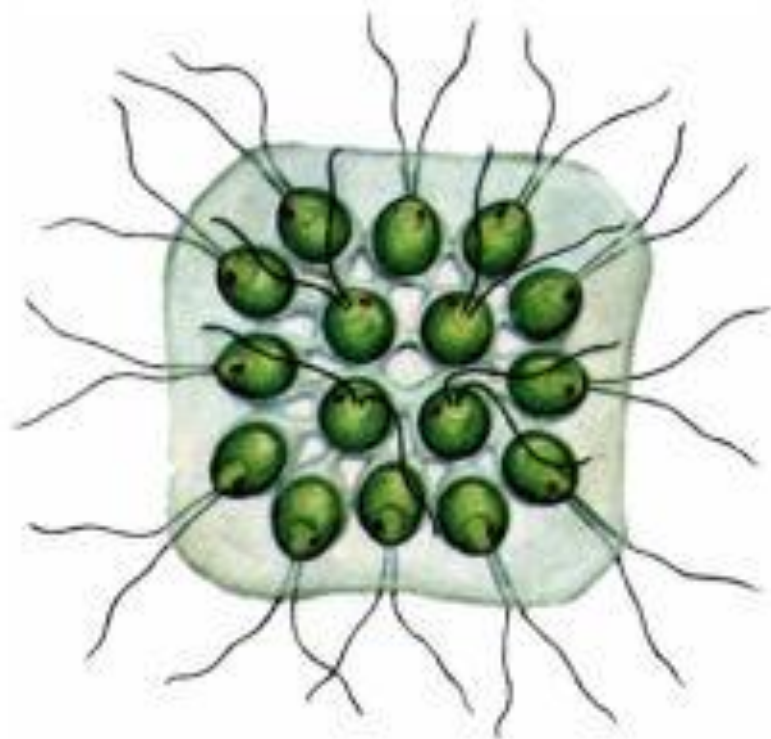
Unicelularidade e multicelularidade



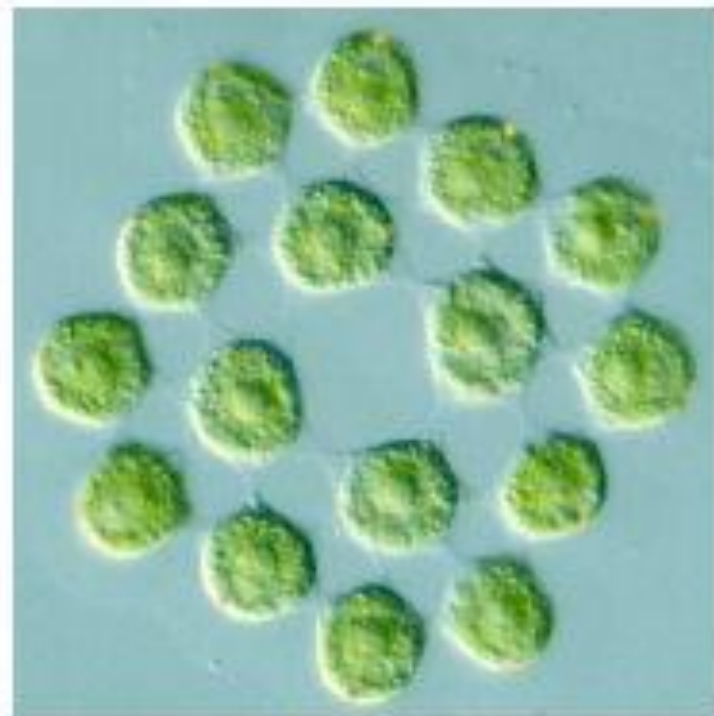
Acetabularia – alga unicelular



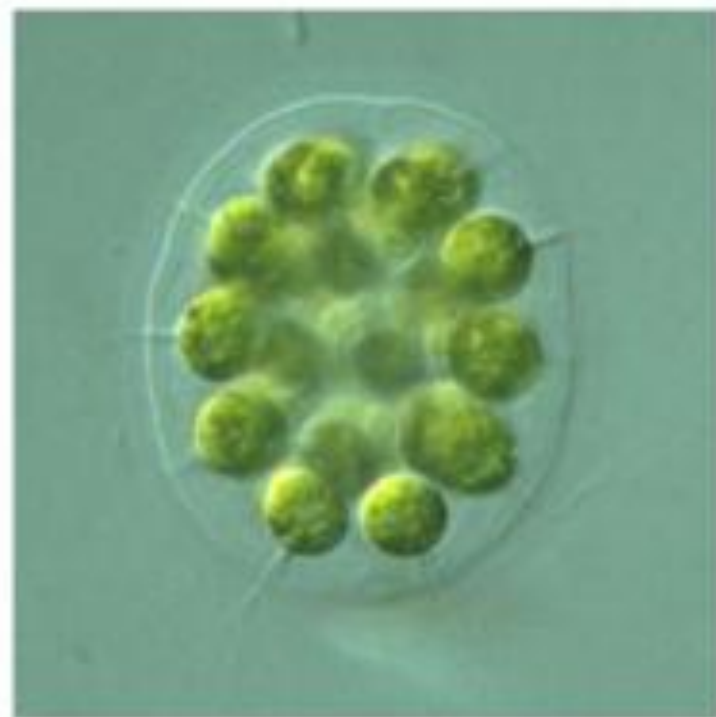
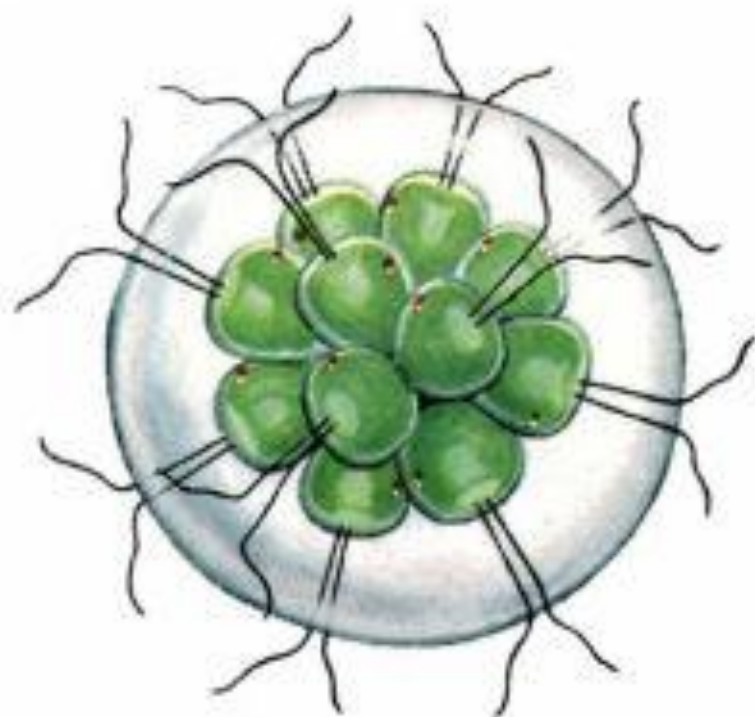
Unicelularidade e multicelularidade



Gonium – colônia sem especialização

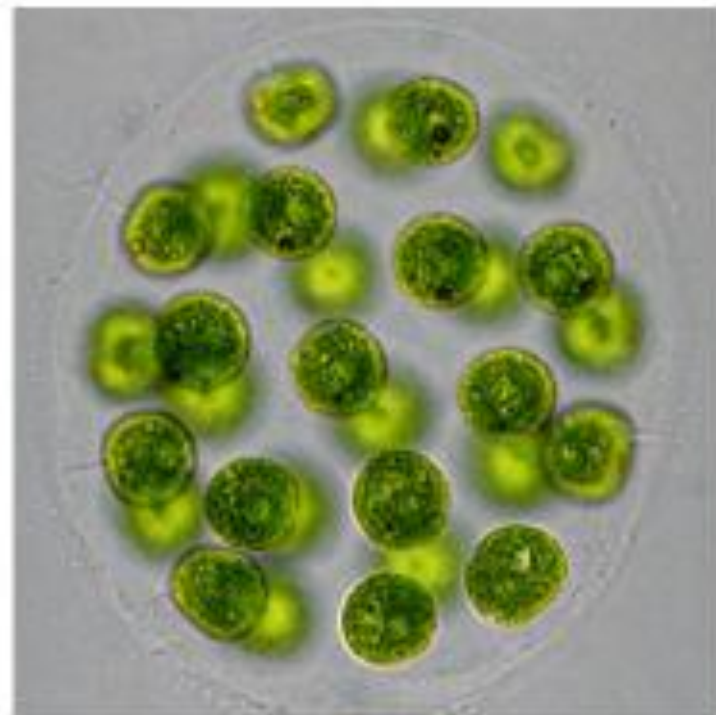
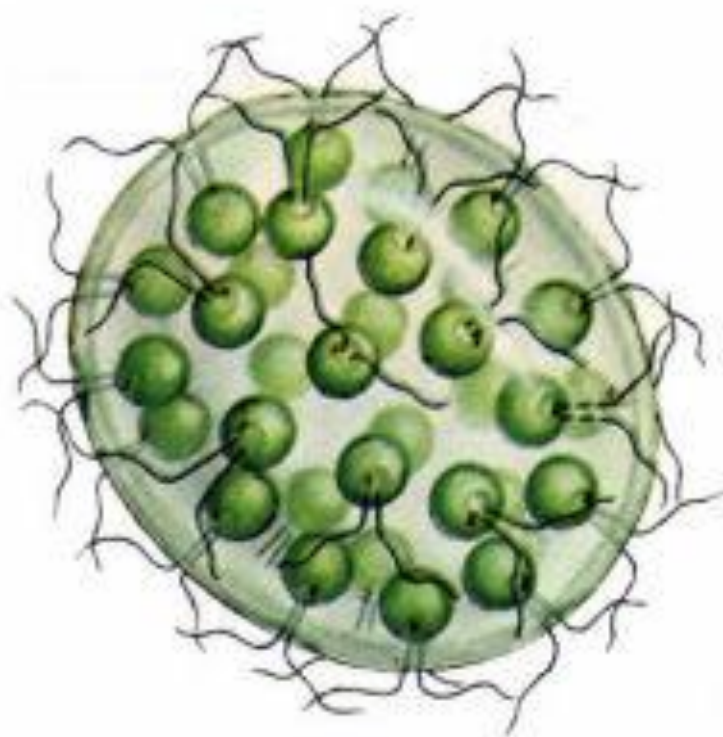


Unicelularidade e multicelularidade



Pandorina – colônia sem especialização

Unicelularidade e multicelularidade

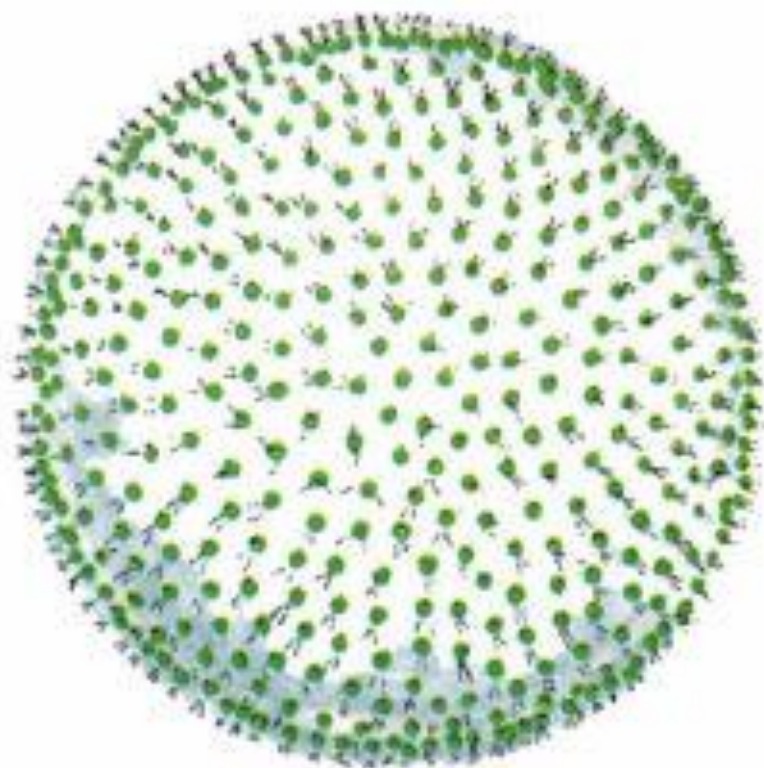


Eudorina – colônia sem especialização

- Por outro lado, existem outros organismos coloniais que apresentam já **células especializadas**.
- Nestas colónias existem células somáticas e células reprodutoras. As **células somáticas são biflageladas e unem-se umas às outras por filamentos citoplasmáticos**.
- Estas células são **responsáveis pela nutrição e pelo movimento da colónia**. Para que a colónia se desloque, é **necessário uma acção coordenada dos flagelos, produzindo-se um movimento de rotação característico**.
- Algumas células, **maiores do que as células somáticas, são responsáveis pela reprodução da colónia**.

- Os organismos coloniais deste tipo, não são considerados verdadeiros multicelulares.
- Embora sejam constituídos por diversas células, a diferenciação celular é muito reduzida, limitando-se às células reprodutoras.
- Admite-se, no entanto, que organismos coloniais semelhantes tenham evoluído no sentido da verdadeira multicelularidade.
- Neste processo, inicialmente, terão surgido diferentes tipos de células que, mais tarde, originariam tecidos, os quais terão levado ao aparecimento de órgãos e sistemas de órgãos.

Unicelularidade e multicelularidade



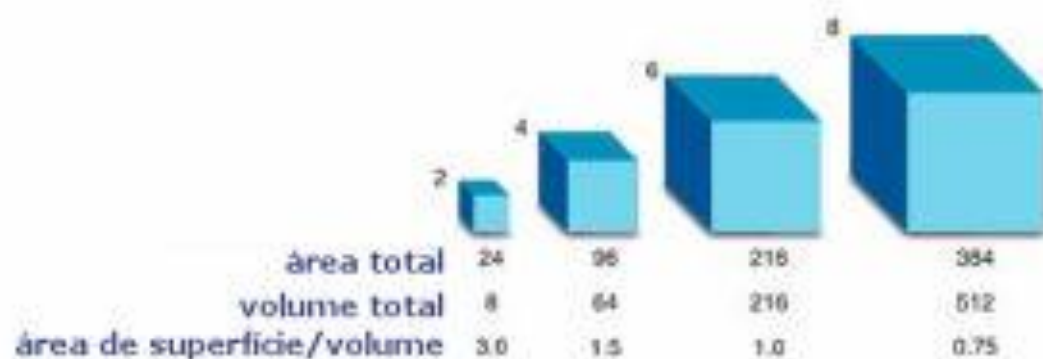
Volvox – colônia com especialização



Assim, actualmente, admite-se que a progressiva especialização morfológica e fisiológica dos seres coloniais conduziu ao aparecimento dos organismos multicelulares.

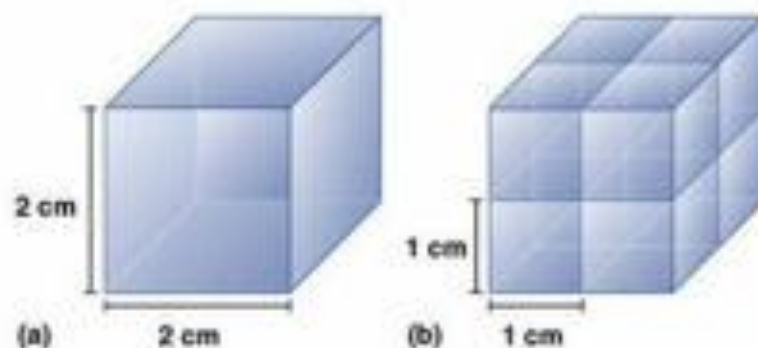
- A multicelularidade terá trazido algumas vantagens evolutivas para os organismos que apresentavam este padrão funcional e estrutural:
 - Maiores dimensões, mantendo-se, contudo, uma relação área/volume das células, ideal para a realização de trocas com o meio;
 - Maior diversidade, proporcionando uma melhor adaptação a diferentes ambientes;
 - Diminuição da taxa metabólica, resultado da especialização celular que permitiu uma utilização de energia de forma mais eficaz;
 - Maior independência em relação ao meio ambiente, devido a uma eficaz homeostasia (equilíbrio dinâmico do meio interno) resultante de uma interdependência dos vários sistemas de órgãos.

Unicelularidade e multicelularidade



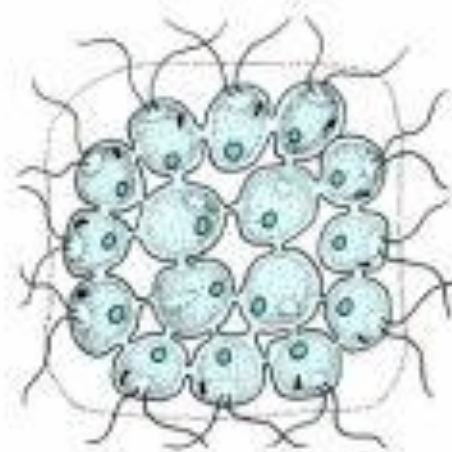
O aumento do **tamanho** da célula leva à diminuição da razão entre a **área** e o **volume**.

O aumento do **número** de células, num mesmo volume, leva ao aumento da razão entre a **área** e o **volume**.



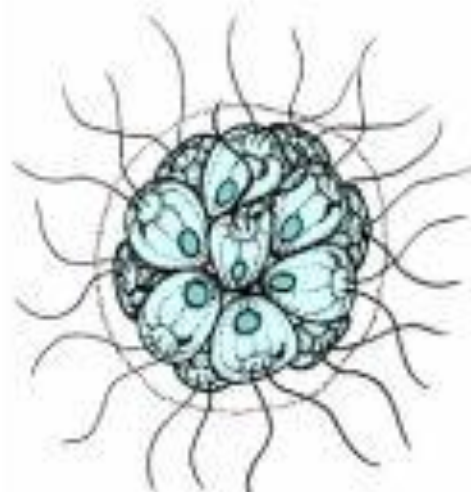
número de células	1	8
área total	24 cm ²	48 cm ²
volume total	8 cm ³	8 cm ³
área de superfície/vol.	24/8 = 3:1	48/8 = 6:1

Unicelularidade e multicelularidade



► Origem da multicelularidade

- Os ancestrais dos organismos multicelulares seriam simples agregados de seres **unicelulares**, que formavam estruturas designadas **colônias** ou agregados coloniais.
- Inicialmente todas as células da colônia desempenhavam a mesma função. Ao longo do tempo algumas das células ter-se-ão **especializado** em determinadas funções.
- A **diferenciação** celular e consequente especialização, em que se verifica a **interdependência** estrutural e funcional das células, ter-se-á acentuado no decurso da evolução, originando seres **multicelulares**.



► Vantagens da multicelularidade

- Grande **diversidade** de formas com adaptação a diferentes ambientes.
- Aumento do **tamanho** sem comprometer a eficácia das trocas com o meio externo.
- Maior **especialização** com proporcional **eficácia** na utilização da energia.
- Maior **independência** em relação ao meio ambiente com **manutenção** das condições do meio interno.

EM SÍNTESE

- Todos os seres vivos conhecidos na Terra podem ser divididos em dois grandes grupos – os seres procariontes e os seres eucariontes.
- No que respeita ao número de células, os seres vivos podem ser classificados em unicelulares (formados somente por uma célula) e multicelulares (quando se apresentam constituídos por várias células).
- Os protobiontes seriam agregados moleculares capazes de reagir a certos estímulos do meio, manter um certo equilíbrio interno, podendo dividir-se de uma forma muito rudimentar.

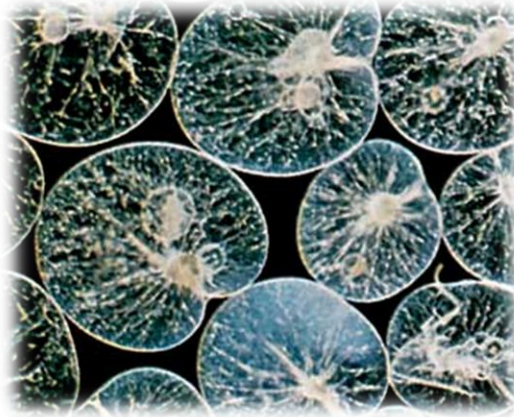
- Os primeiros seres vivos seriam unicelulares, muito simples, assemelhando-se aos actuais procariontes.
- Alguns grupos de procariontes evoluíram no sentido de aumentar a sua complexidade, tendo, muito provavelmente, estado na origem dos organismos eucariontes.
- Existem, fundamentalmente, duas hipóteses que tentam explicar a origem dos seres eucariontes a partir dos procariontes: a Hipótese Autogénica e a Hipótese Endossimbiótica.
- Segundo a Hipótese Autogénica, os seres eucarionte são o resultado de uma evolução gradual dos seres procariontes.

- Segundo a Hipótese Endossimbiótica, os seres eucariontes terão resultado da evolução conjunta de vários organismos procariontes, os quais foram estabelecendo associações simbióticas entre si.
- A evolução conjunta destes organismos terá levado ao surgimento das células eucarióticas constituídas por vários organelos, alguns dos quais foram, em tempos, organismos autónomos.
- As primeiras relações endossimbióticas terão sido estabelecidas com os ancestrais das mitocôndrias (organismos que tinham desenvolvido a capacidade de produzir energia, de forma muito rentável, utilizando o oxigénio no processo de degradação de compostos orgânicos).

- Os ancestrais dos cloroplastos seriam organismos capazes de produzir compostos orgânicos utilizando a energia luminosa.
- Existem diversos dados que apoiam a Hipótese Endossimbiótica sendo, por isso, aquela que tem maior aceitação entre a comunidade científica.
- Admite-se que a associação entre alguns seres unicelulares poderá ter sido vantajosa, conduzindo ao aparecimento de seres multicelulares.
- Os ancestrais dos organismos multicelulares seriam simples agregados de seres unicelulares, que formavam estruturas designadas colónias ou agregados coloniais.

- A diferenciação celular, relacionada com uma função específica, e em que se verifica uma interdependência estrutural e funcional das células, ter-se-á acentuado no decurso da evolução, originando verdadeiros seres multicelulares.
- A especialização celular conduziu ao surgimento de tecidos, os quais, ao longo processo evolutivo, terão levado ao aparecimento de órgãos.
- Assim, actualmente, admite-se que a progressiva especialização morfológica e fisiológica dos seres coloniais conduziu ao aparecimento dos organismos multicelulares.

A multicelularidade implica uma maior organização e diferenciação celular.



A multicelularidade terá trazido algumas vantagens evolutivas para os organismos.