

Texto Base: Aula 11

Evolução dos eucariontes e estudo dos Amebozoa e Rhizaria

Sônia Lopes

1. Procariontes na árvore da vida

No final da década de 1970, o pesquisador Carl Woese foi um dos pioneiros nos estudos de filogenia molecular, usando inicialmente comparações entre moléculas de RNA ribossômico. Seus dados evidenciaram que os eucariontes eram muito próximos entre si, mas que os procariontes formavam dois grupos distintos. Assim, estabeleceu uma categoria taxonômica superior a Reino, o Domínio, e considerou-se que todos os eucariontes poderiam ser reunidos em um único domínio, o *Eucarya*. No caso dos procariontes, as diferenças eram tantas que foram estabelecidos o Domínio Archaea e o Domínio Bacteria. A figura a seguir mostra as prováveis relações evolutivas entre esses três domínios (Figura 1):

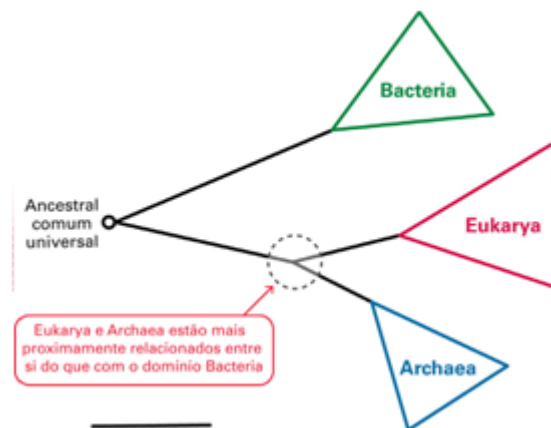


Figura 1: Representação de cladograma mostrando as prováveis relações evolutivas entre os domínios Bacteria, Eucarya e Archaea

O termo Archaea significa “antigo” e foi usado para reunir procariontes que habitavam apenas ambientes extremos. Esses organismos, chamados de extremófilos, habitam ambientes com temperaturas muito elevadas ou ricos em metano/enxofre, onde outros grupos de seres vivos não conseguem sobreviver. Como esses ambientes assemelham-se ao que se supõe terem sido os ambientes da Terra primitiva, pensou-se que tais procariontes tivessem sido os primeiros seres vivos na Terra. Hoje se sabe, no entanto, que há Archaea em ambientes não extremos e que, provavelmente, surgiram mais tarde na evolução dos procariontes, sendo o Domínio Bacteria o primeiro a surgir.

Dentre os representantes de Bacteria, destacam-se as cianobactérias, antigamente chamadas algas azuis. Elas são organismos fotossintetizantes e importantes produtores primários nos ecossistemas. As principais diferenças entre Bacteria, Archaea e Eucarya são apresentadas a seguir (Tabela 1):

Tabela 1: Principais diferenças entre Bacteria, Archaea e Eucarya

Característica	Bacteria	Archaea	Eukarya
Parede celular	Peptidoglicano	Diversos componentes, sem peptidoglicano	(Se presente) celulose, outros
Lipídios	Ácidos graxos ligações éster	Isoprenos presentes, ligações éster	Ácidos graxos, ligações éster
RNA polimerase	Uma enzima pequena; 4 subunidades	Uma enzima grande; várias subunidades	Três enzimas grandes; diversas subunidades
Síntese proteica	1º aminoácido = formilmetionina	1º aminoácido = metionina	1º aminoácido = metionina

2. Evolução e classificação dos eucariontes

A classificação dos organismos unicelulares eucariontes é bastante controversa, sendo isso um reflexo do quão pouco se sabe sobre estes. Uma das propostas mais aceitas para explicar a origem e evolução dos grupos de eucariontes pauta-se em dados moleculares, ultraestruturais e no processo de endossimbiose. Nessa proposta, os organismos eucarióticos são divididos em sete grupos principais, como mostra a figura a seguir:

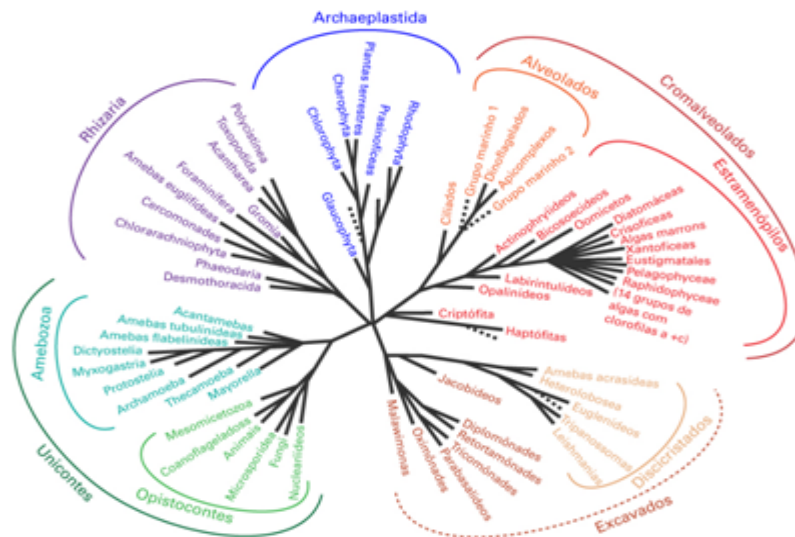


Figura 2: Esquema de filogenia dos principais grupos do Domínio Eukarya

Fonte: Modificado de Fehling et al., 2007.

A partir da linhagem procariótica houve a diversificação dos eucariontes com aumento da complexidade da célula, diferenciação do núcleo e organelas membranosas, além de aumento da complexidade do material genético presente no núcleo. Os eventos de endossimbiose, que deram origem a mitocôndrias e cloroplastos, foram fundamentais na diversificação desses seres. Uma das consequências desses eventos, além do surgimento das referidas organelas celulares, foi a transferência de genes dos organismos fagocitados para o núcleo da célula hospedeira, o que aumentou a complexidade do material genético. Essa forma de transferência de genes é chamada

transferência lateral ou horizontal, e é diferente daquela que ocorre pelos processos de reprodução, chamada transferência vertical.

Eventos de endossimbiose envolvendo um procarionte como hospede e um eucarionte como hospedeiro são chamados primários, uma vez que a partir desse processo inicial aconteceram outros eventos de endossimbiose envolvendo eucariontes como hóspedes e hospedeiros. Nos eucariontes atuais é possível detectar a presença de genes dos cloroplastos e das mitocôndrias incorporados ao DNA nuclear do hospedeiro, indicando que houve transferência desses genes para o núcleo. Assim, as funções dos cloroplastos e das mitocôndrias dependem, em parte, do DNA que ficou nessas organelas e, em parte, do DNA que passou para o núcleo.

Enquanto a mitocôndria se originou apenas pelo processo de endossimbiose primária, os cloroplastos se originaram tanto por meio destes processos como também por eventos independentes de endossimbiose secundária (ou ainda terciária e quaternária). Com isso, a linhagem dos organismos com cloroplastos sofreu grandes modificações e diversificação.

Os únicos grupos de organismos clorofilados que surgiram apenas por endossimbiose primária foram algas glaucófitas, algas vermelhas, algas verdes e plantas terrestres. Por esse motivo, nas propostas recentes esses organismos são classificados como plantas ou arqueplastida. Isso muda o próprio conceito mais tradicional de planta, que não fica mais restrito às “briófitas”, “pteridófitas”, “gimnospermas” e “angiospermas”, pois inclui todos os organismos clorofilados que descendem de endossimbiose primária do cloroplasto.

Os demais organismos com cloroplastos surgiram por endossimbiose secundária com algas verdes ou com algas vermelhas unicelulares. Nesses casos, eucariontes heterótrofos mitocôndriados englobaram por fagocitose algas verdes ou algas vermelhas unicelulares, e incorporaram seus cloroplastos. Em função disso, os cloroplastos desses organismos possuem, em geral, quatro membranas, sendo uma delas derivada do fagossomo, outra derivada da membrana plasmática da alga que foi fagocitada, e duas do cloroplasto do endossimbionte. Em alguns casos há perda de uma dessas membranas, restando apenas três.

Assim, por eventos de endossimbiose secundária surgiram duas linhagens evolutivas: a que derivou por endossimbiose secundária com algas verdes e a que derivou por endossimbiose secundária com algas vermelhas (Figura 3).

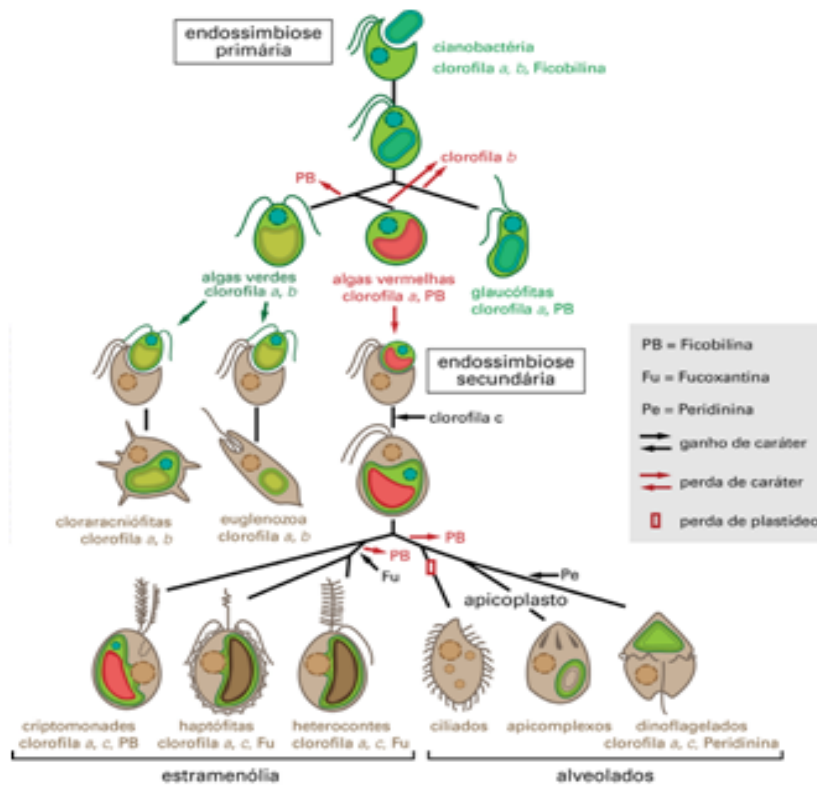


Figura 3: Esquema geral da origem de alguns dos grupos de eucariontes por endossimbiose primária e secundária.

Fonte: Modificado de Bellorin & Oliveira, 2006.

A seguir, vamos analisar algumas dessas linhagens:

2.1. Amebozoa

Os amebózoa possuem movimento amebóide, mas isso não é exclusivo deles. Estes organismos compartilham a habilidade de produzir uma projeção celular chamada pseudópode, que é uma estrutura cuja função primária é a captura de alimento. Quando em contato com um substrato, o pseudópode também atua na locomoção.

Existem diversos tipos de pseudópodes, sendo os principais: filópodes (afilados, formados somente por ectoplasma), axópodes (eixo central reforçado por microtúbulos, ocorrendo nos radiolários e heliozoários) e reticulópodes (finos e ramificados, ocorrendo nos foraminíferos).

Em sua maioria, os Amebozoa possuem pseudópodes do tipo lobópode (caracterizados pelo aspecto cilíndrico, assemelhando-se a um tubo ou semi-tubo em corte transversal), mas filópodes estão presentes em alguns membros. As relações entre os diversos grupos de Amebozoa ainda estão sendo desvendadas.

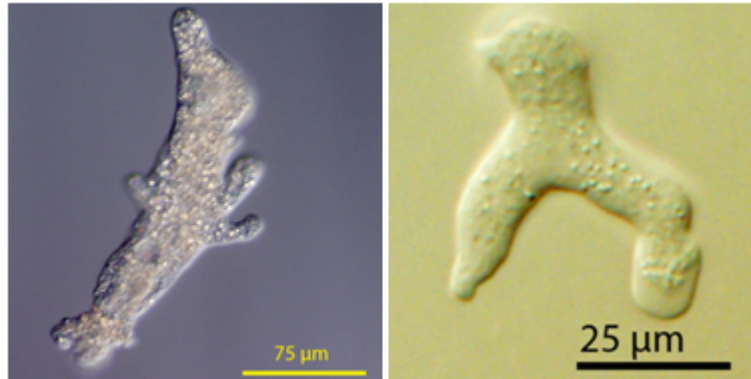


Figura 4: Membros da família Amebozoa
Fonte: Daniel J.G. Lahr

Outro grupo de grande importância dentre os Amebozoa são os Mixogastria e Dictyosleia antigamente reunidos em Mixomicetes (mixomicetos, também chamados fungos mucilaginosos, apesar de não serem fungos). Esses organismos são notáveis por possuírem um estágio multicelular macroscópico em seus ciclos de vida.

2.2. Rhizaria

Os Rhizaria representam o grupo eucarionte mais diverso morfológicamente. Seus representantes possuem diversos tipos de pseudópodes (filópodes, reticulópodes e axópodes), além de variados ciclos de vida, incluindo formas com estágios flagelados. Embora a classificação dentro de Rhizaria ainda não esteja bem resolvida, vamos analisar três grupos principais com base em caracteres morfológicos e moleculares: os Foraminifera (foraminíferos), os Radiolaria (radiolários) e os Heliozoa (heliozoários).

Foraminifera

Esses organismos possuem a capacidade de construir carapaças orgânicas ou aglutinadas. Quando secretadas são de carbonato de cálcio. São exclusivamente marinhos e foram reticulópodes.

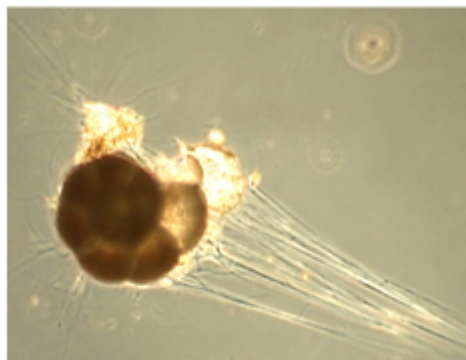


Figura 5: Exemplo de foraminífero
Fonte: Daniel J.G. Lahr

Heliozoa

Os Heliozoa possuem forma esférica com muitos pseudópodes do tipo axópodes emergidos das células em todas as direções. Os heliozoários habitam tanto ambientes de água-doce como de água salgada. São predadores.

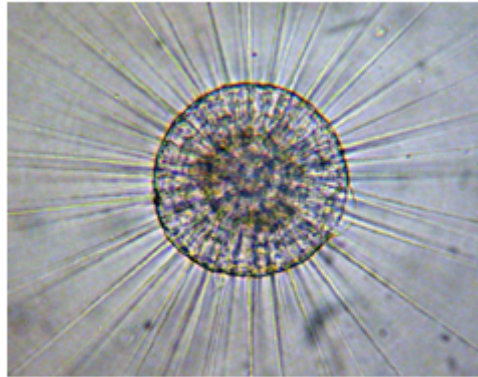


Figura 6: Um típico heliozoário do grupo dos *Actinophryida*.

Fonte: Daniel J.G. Lahr

Radiolaria

Os radiolários produzem esqueletos minerais de sílica bastante intrincados, como mostra essa prancha com desenhos de Ernst Haeckel.

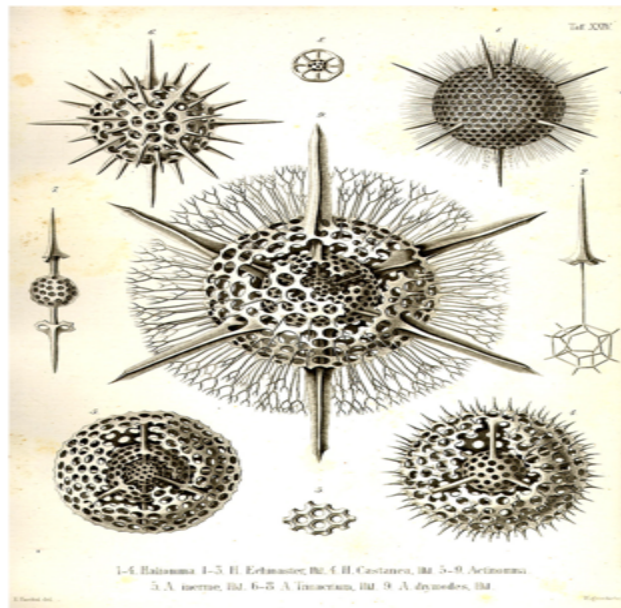


Figura 7: Exemplo de uma prancha de Haeckel mostrando radiolários.

Fonte: Die Radiolarien, 1862