

## A CÉLULA EUCARIÓTICA E OS PROTOZOA

### **META**

Apresentar as hipóteses da origem da célula eucariótica, suas características e evolução.

Apresentar os Protozoa, sua diversidade de formas e estruturas.

### **OBJETIVOS**

Ao final da aula, o aluno deverá:

entender o processo que levou à origem dos primeiros seres na Terra;

entender o processo evolutivo que possibilitou a origem da célula eucariótica;

compreender a relação entre os Protozoa, sua estrutura externa, interna e fisiologia;



## INTRODUÇÃO

Tradicionalmente o Reino Animal é dividido em dois sub-reinos: Protozoa e Metazoa. Os Protozoa são organismos unicelulares abundantes em termos de número e biomassa. Protozoa significa “primeiros animais” (Rupert et al., 2005) e é considerado um táxon polifilético de organismos unicelulares sem definição filogenética. Sua principal importância consiste na sua característica de consumidores de bactérias (Procariontes). As bactérias têm um papel vital na regulação e decomposição da matéria orgânica no planeta e os protozoa no seu controle em termos de biomassa e número. Os Protozoa também são importantes como parasitas e simbioses de metazoários.

Os Protozoa são definidos como seres unicelulares eucarióticos que se alimentam heterotroficamente. No entanto, é quase impossível se delimitar o limite entre animais unicelulares (consumidores), plantas (produtores) e fungos (decompositores) e é costume chamar de Protista o reino de eucariontes unicelulares que compreende protozoa heterotróficos e algas autotróficas.

Proporção relativa de espécie descrita nos principais “Taxa” ( A magnitude dos organismos representa o número das espécies descritas)



(Fonte: Figura comparando pelo tamanho de cada representante o número de espécies descobertas pela ciência em cada Filo. Protozoários são representados por um *Paramecium* sp.. Desenho do francês. Frawcett. In wheeler, Quentin).

**ORIGEM EVOLUTIVA DOS EUCARIONTES**

Antes de entrarmos no mundo dos protozoários é importante termos uma visão do ambiente em que eles se originaram.

O início da vida provavelmente ocorreu há quatro ou cinco bilhões de anos atrás. Os primeiros seres foram as bactérias anaeróbicas que obtinham energia vital por glicólise.

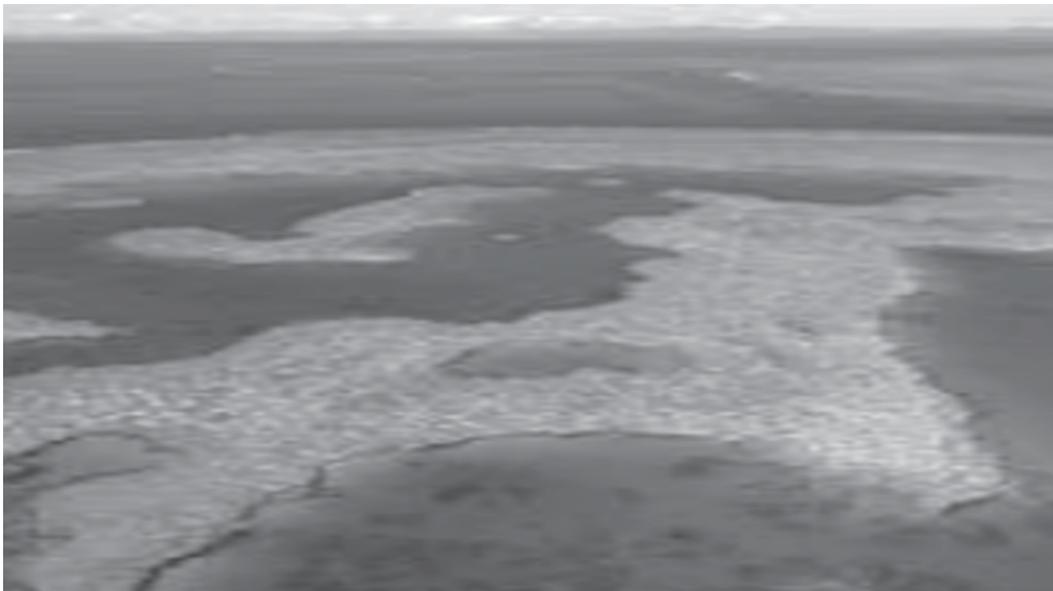
A extrema competição por recursos selecionou organismos fotossintetizadores, gerando acúmulo de oxigênio na atmosfera (note que esse evento foi um efeito “colateral”)

Após um bilhão de anos surgem os primeiros organismos heterotróficos que utilizavam o ar atmosférico liberando água e gás carbônico.

A origem da célula eucariótica ocorreu a partir de uma célula procarionte e está relacionada com os seguintes eventos:

1. Aumento de volume celular e dobramento da membrana;
2. Endossimbiose entre autótrofo e heterótrofo que se beneficiaram mutuamente pela produção de ATP (simbionte heterótrofo) e ambiente anaeróbico interno (hospedeiro autótrofo).

Mitocôndrias e cloroplastos são evidências desta hipótese.



Esquema com a hipótese da origem dos seres procariontes e eucariontes na Terra.

### DIVERSIDADE DOS PROTOZOA

Os protozoários exibem uma enorme variedade de formas, mesmo entre aqueles macroscópios. Seu tamanho varia entre 10 a 200  $\mu\text{m}$ . Aproximadamente 60.000 espécies foram descritas embora se acredita que esta seja apenas uma pequena parte do número de formas protistas existentes.

Entre os animais e plantas multicelulares, a complexidade do corpo evoluiu através da divisão de trabalho entre as células. Assim, a complexidade nos protistas se desenvolveu através de diferentes partes da célula – organelas e o citoesqueleto em particular.

Em termos de hábitat, podem ser encontrados em ambientes aquáticos ou terrestres – ou quase todos os locais com umidade presente.

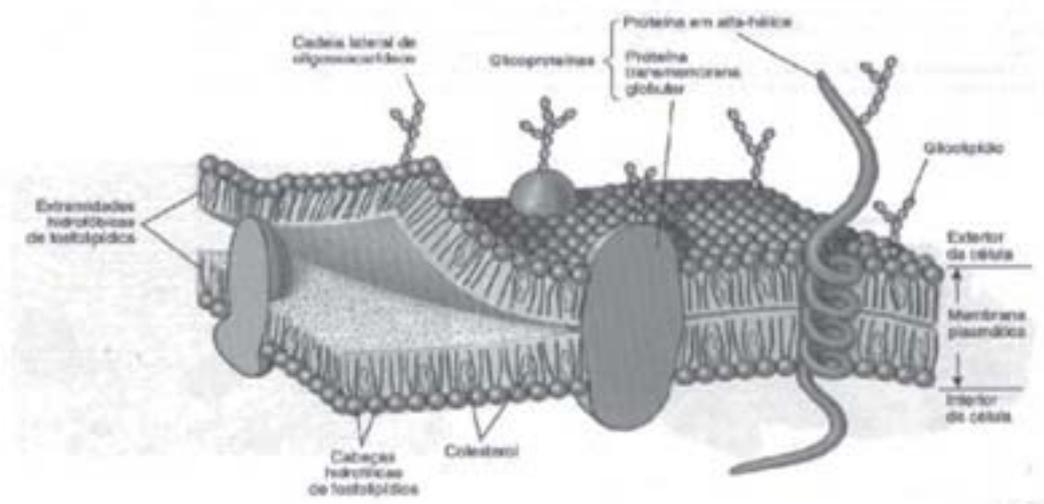
Apresentam todos os modos de vida: solitários ou coloniais, organismos de livres ou sésseis que apresentam relações de mutualismo, comensalismo e parasitismo (eventual a estrito).

### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

**MEMBRANA:** Pode ser simples ou dupla formada por duas camadas de fosfolipídios com moléculas de proteínas:

- Dupla sobre a primeira ocorre uma membrana diferenciada (periplasto) resultante de secreção ou impregnação
- Proteínas da membrana podem receber e transmitir estímulos que geram reações no organismo;
- Servem de pontos de ancoragem para as fibras do citoesqueleto;

As proteínas e lipídios da membrana podem prender carboidratos formando uma cauda e o conjunto destas caudas forma uma cobertura denominada de glicocálix (glicocálice) - barreira fisiológica.



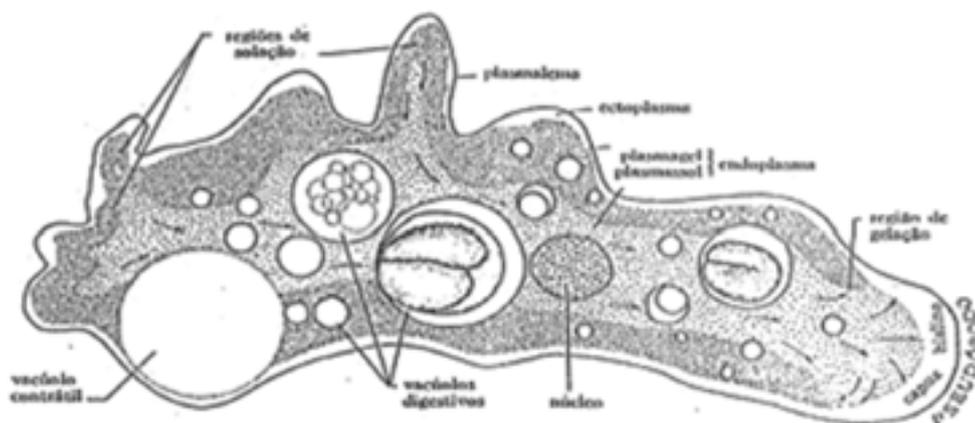
Estrutura da membrana plasmática de uma célula eucariótica mostrando suas características.  
Fonte Hickman et al., 2004

As principais funções da membrana plasmática são:

- Controle de entrada e saída da célula;
- Resposta a estímulos externos;
- Seletividade de ligações (c/ outras células ou c/ o substrato);
- Manutenção da forma celular.

**CITOPLASMA:** formado por um ectoplasma externo transparente e sem estruturas que confere rigidez e/ou flexibilidade ao organismo. O ectoplasma possui aspecto mais gelatinoso (gel) quando comparado ao endoplasma que é mais fluido (sol). Radiolários e alguns ciliados apresentam ecto e endoplasma separados por membranas.

O endoplasma é interno e apresenta as seguintes inclusões: mitocôndrias, cloroplastos, complexo de golgi, lisossomos (como qualquer célula de um organismo multicelular) e um retículo espesso de filamentos (citoesqueleto) de actina e miosina que atuam na manutenção da forma da célula, para promover o fuso transitório da mitose, para o desenvolvimento de cílios e flagelos na superfície celular e na mobilidade celular.



**NÚCLEO:** Sua função é armazenar o material genético (DNA) que forma os cromossomos.

### PROTOZOA: FUNÇÕES VITAIS

- Respiração:

As trocas gasosas ocorrem pela superfície do corpo que é facilitada por cílios e flagelos. A maioria apresenta respiração aeróbia, mas podem ocorrer anaeróbios obrigatórios ou facultativos.

- Excreção e osmorregulação:

A excreção também ocorre pela superfície do corpo. Maioria composta por organismos amoniotélicos, ou seja, excretam a maior parte do nitrogênio na forma de amônia. Possuem um vacúolo contrátil está ligado

principalmente a osmorregulação (normalmente ausente nos marinhos e parasitos).

- Nutrição: ocorre por dois métodos principais:

Protozoários autótrofos (holofíticos) são aqueles que sintetizam compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas obtidas do meio externo;

Protozoários heterótrofos – requerem suprimento orgânico do meio externo. São classificados como:

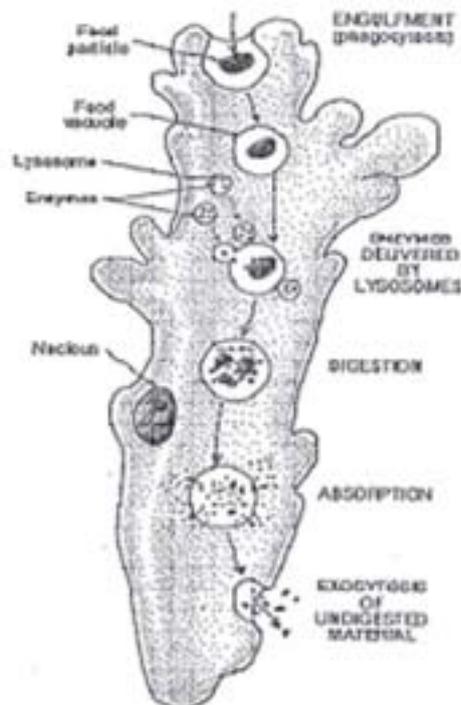
a) Saprofíticos (osmotróficos): utilizam substâncias orgânicas dissolvidas nos arredores absorvendo-as pela superfície do corpo ou citóstoma;

b) Holozóicos (fagotróficos): alimentam-se de outros organismos

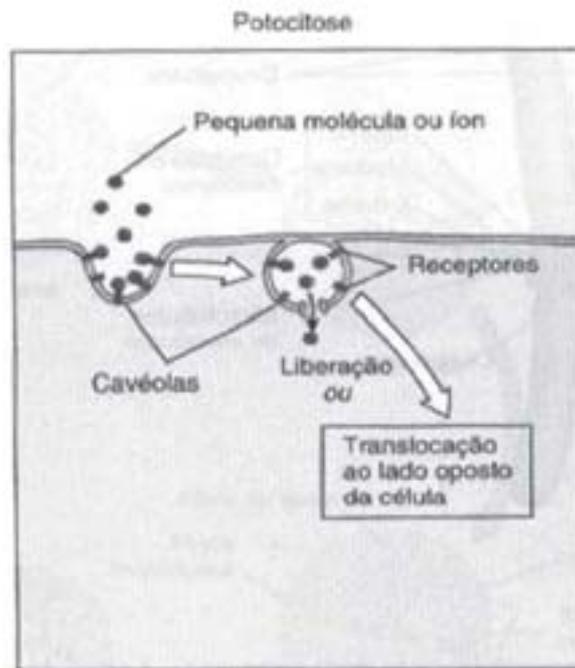
Processo de digestão pode ocorrer da seguinte maneira:

1. O vacúolo recebe as substâncias nutritivas;
2. A membrana vacuolar desenvolve microvilosidades que se projetam para dentro da cavidade;
3. O líquido vacuolar se acidifica e vai passando a reação alcalina;
4. As substâncias já digeridas formam vesículas que se desprendem e deslocam no citoplasma;
5. O vacúolo se coloca em contato com o plasmalema e o alimento residual é eliminado (exocitose);

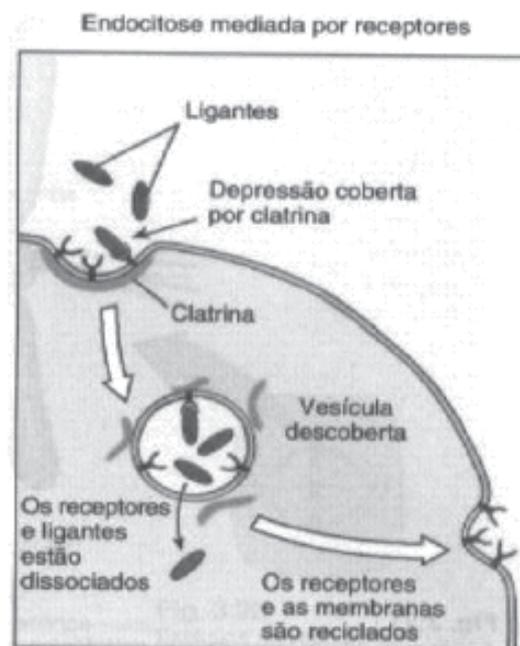
Quando ocorre um envoltório (película ou parede celulósica) a eliminação ocorre via citoprocto.



Engolfamento ou fagocitose realizado por uma ameba. O processo envolve englobamento das partículas, liberação das enzimas no vacúolo digestivo, digestão, absorção e exocitose do resto não digerido.



Potocitose: Semelhante a fagocitose. Envolve uma pequena área superficial de membrana invaginada formando vesículas minúsculas. As depressões formadas são chamadas cavéolas e receptores específicos para moléculas ou íons a serem englobados concentram-se na superfície da cavéola. Está relacionada a entrada de vitaminas e de alguns hormônios ou fatores de crescimento.



Mecanismo específico para introduzir moléculas grandes na célula. Proteínas da membrana plasmática combinam-se especificamente com moléculas que podem estar presentes em concentrações muito baixas no fluido extracelular. A superfície interna das invaginações é revestida pela proteína clatrina. Conforme a invaginação forma a vesícula e penetra no citoplasma moléculas de clatrina, receptores e ligantes dissociam-se e os dois últimos voltam a membrana superficial.

Crítérios para divisão didática não filogenética a partir das estruturas locomotoras

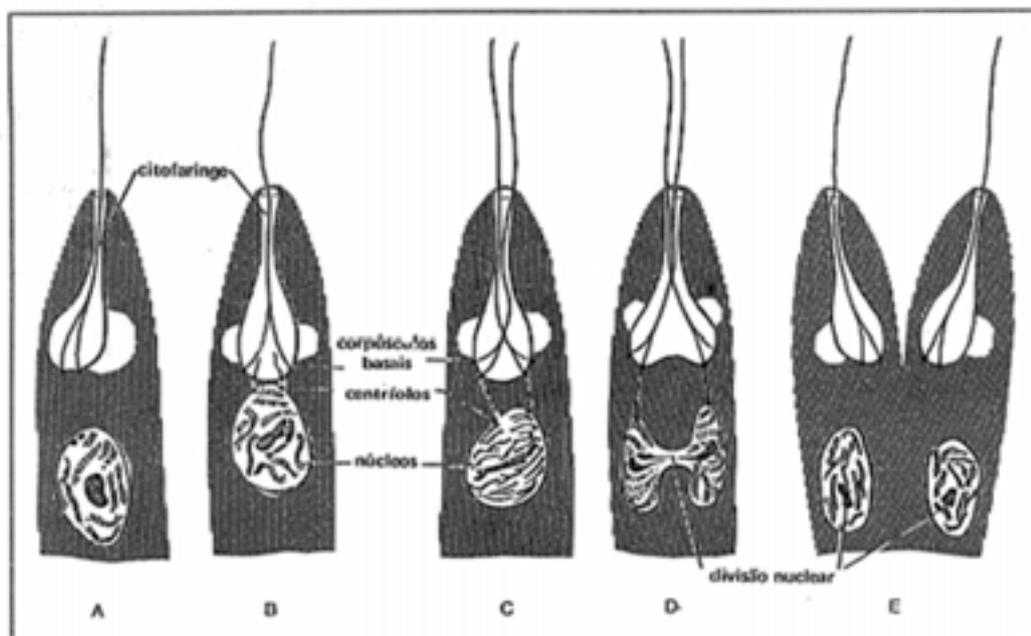
- Filo Mastigophora ou Flagellata: Possuem um ou mais flagelos;
- Filo Sarcodina ou Rhizopoda: apresentam pseudópodos;
- Filo Ciliata ou Ciliophora: apresentam cílios por toda a vida;
- Filo Cnidospora: sem organelas locomotoras e deslizamento por flexões;
- Filo Sporozoa: gametas flagelados e pseudópodos p/ alimentação;

### REPRODUÇÃO:

a) assexuada

Ocorre na maioria dos Protozoa e os organismos que se reproduzem desta forma são denominados agamontes

- divisão binária: divisão em duas células filhas iguais (longitudinal ou transversal)



Reprodução assexuada em *Englena*. A – divisão dos centríolos; B – Centríolos produzem corpúsculo basal e flagelos; C – Flagelos se dividem a partir de suas raízes que receberam novas estruturas formadoras de flagelos; D – Mitose contínua com núcleo e parte oral também se dividindo; E – Formação de novo indivíduo com divisão completa.

- múltipla ou esquizogonia: após um número variável de divisões nucleares ocorre citocinese (divisão do citoplasma) a célula-mãe se divide em várias células filhas (desintegra). Ocorre entre os Sporozoa e Sarcodina.
- brotamento ou gemiparidade: desenvolve-se uma saliência no corpo materno que depois se separa dele. Uma porção é bem menor que a outra (ocorre em alguns ciliados)

b) sexuada

Importante como meio de recombinação genética

- fusão de gametas

Singamia – quando os gametas forem idênticos (isogametas);

Anisogamia – quando os gametas diferem no tamanho e estrutura (anisogametas).

- conjugação:

Ocorre aderência temporária de indivíduos distintos por uma parte da célula. Posteriormente, há a dissolução da membrana e troca de núcleos por pontes citoplasmáticas. Os núcleos migratórios se deslocam para o conjugante oposto e se fundem com o núcleo estacionário formando um núcleo zigótico ou sincário. É um processo típico dos ciliados.

- autogamia: reorganização nuclear

Dois núcleos de um mesmo indivíduo, cada qual representando um gameta (formados por meiose), se fundem para formar o zigoto.

## ENCISTAMENTO

Processo de formação de um revestimento externo resistente com interrupção mais ou menos total do metabolismo.

Em formas de vida livre, as alterações nas condições ambientais favorecem o encistamento. Durante o encistamento organelas como cílios e flagelos são reabsorvidas e o corpúsculo de golgi secreta o material da parede do cisto que é levado em vesículas até a parede do corpo.

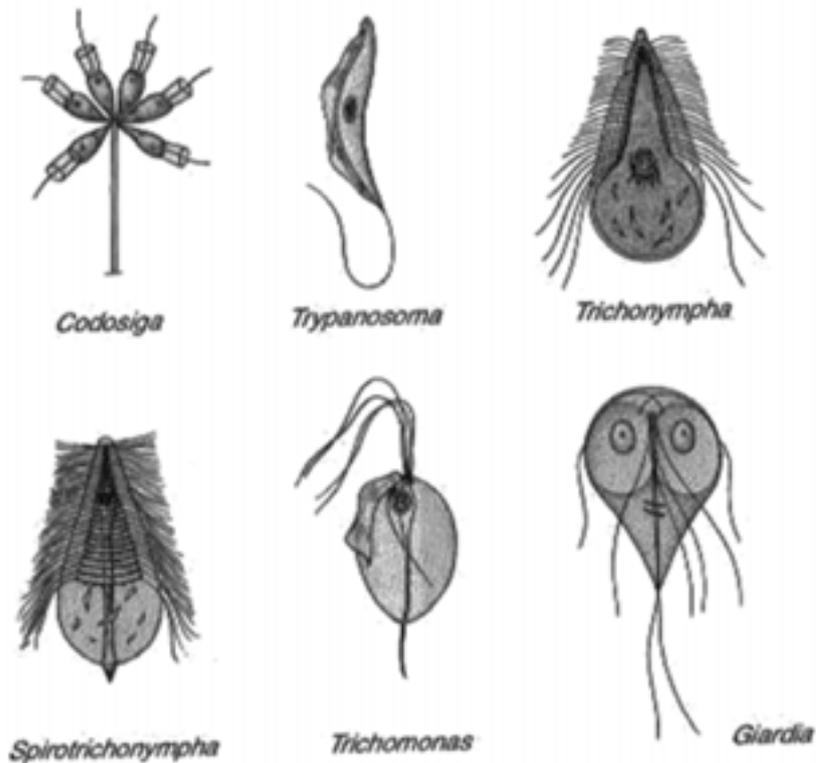
O estímulo para o desencistamento é desconhecido. Naqueles de vida livre o retorno as condições favoráveis do meio inicia o processo; nos parasitas pode requerer condições similares as do hospedeiro.

## PROTOZOA: FILO MASTHIGOPHORA

Caracteres gerais:

Principal meio de locomoção por um ou mais flagelos. Os zooflagelados são todos incolores. Não possuem cloroplastos e têm alimentação saprozoica ou holozóica. Podem ser simbioses. Aqueles que apresentam as duas formas de alimentação: autotrófica e heterotrófica são denominados mixotróficos.

Este grupo tem importância considerável como agente patogênico:  
*Trypanosoma cruzi* – causa a Doença de Chagas (transmitida pelo barbeiro);  
*Leishmania* – doenças viscerais e ulcerações desfigurantes (mosquito palha);  
*Trichomonas* – doença venérea (vertebrados e invertebrados);  
*Giardia lamblia* – diarreias graves (contaminação fecal).



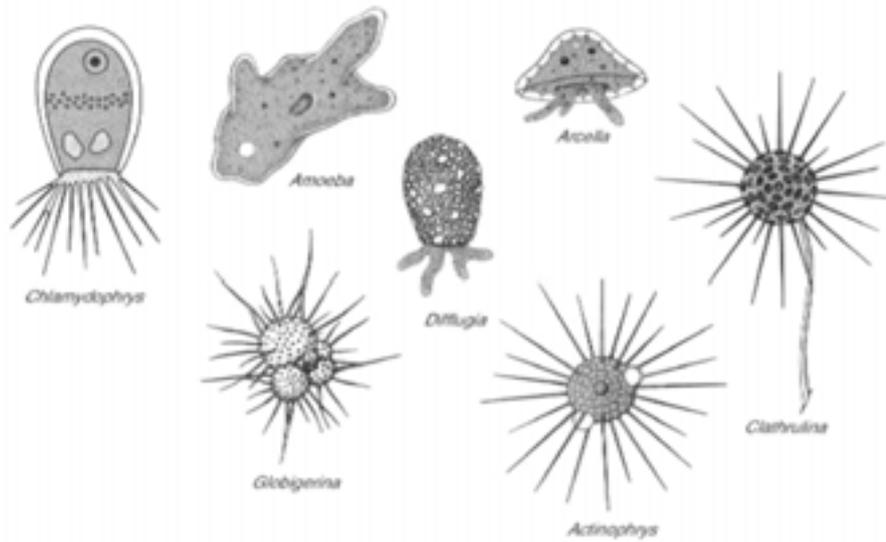
Mastigophora: alguns gêneros de zooflagelados. Fonte: Hickman et al., 2004

Protozoa: Filo Sarcodina

Caracteres gerais:

Presença de carapaça em alguns grupos: sílica ou quitina, reforçados com grãos de areia. Os sarcodinos se locomovem por pseudópodos. Apresentam um grupo, os foraminíferos, que vivem nos fundos oceânicos em quantidades admiráveis (uma das maiores biomassas entre os grupos vivos da Terra).

Os heliozoários e radiolários estão entre os mais antigos protozoários conhecidos. A maioria é planctônica, mas podem também ser bentônicos. Possuem importância econômica, pois são indicadores de fontes de petróleo.



Alguns gêneros do Filo Sarcodina. Fonte: Hickman et al., 2004

Protozoa: Filo Ciliophora

Caracteres Gerais:

É o maior e mais homogêneo dos grupos de protozoários. Todos apresentam cílios ou estruturas ciliares em alguma fase da vida. A maioria dos ciliados apresenta uma boca celular ou citóstoma. Apresentam também dois tipos de núcleo (contraste com os demais grupos):

- Macronúcleo - núcleo vegetativo

Responsável pela síntese de DNA e RNA

Essencial para o metabolismo normal, divisão mitótica e controle do fenótipo.

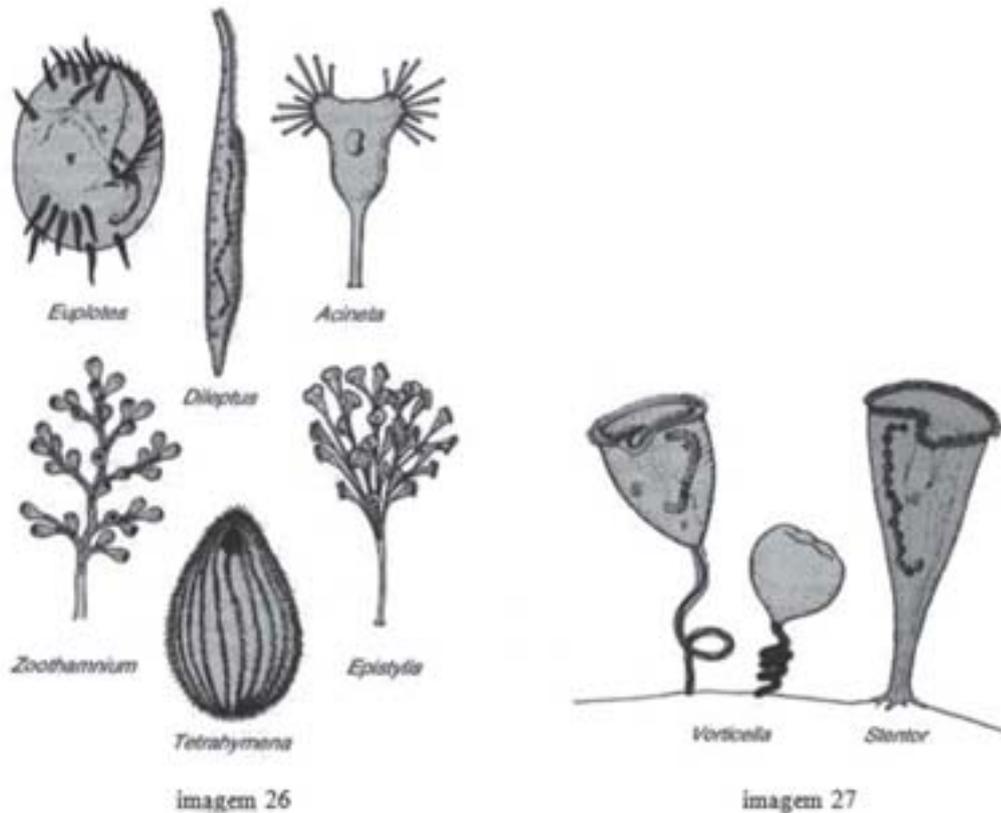
- Micronúcleo - núcleo reprodutivo

Envolvido na síntese de DNA

Armazenador de material genético

Responsável pelas trocas genéticas e reorganização do material nuclear

Origina o macronúcleo



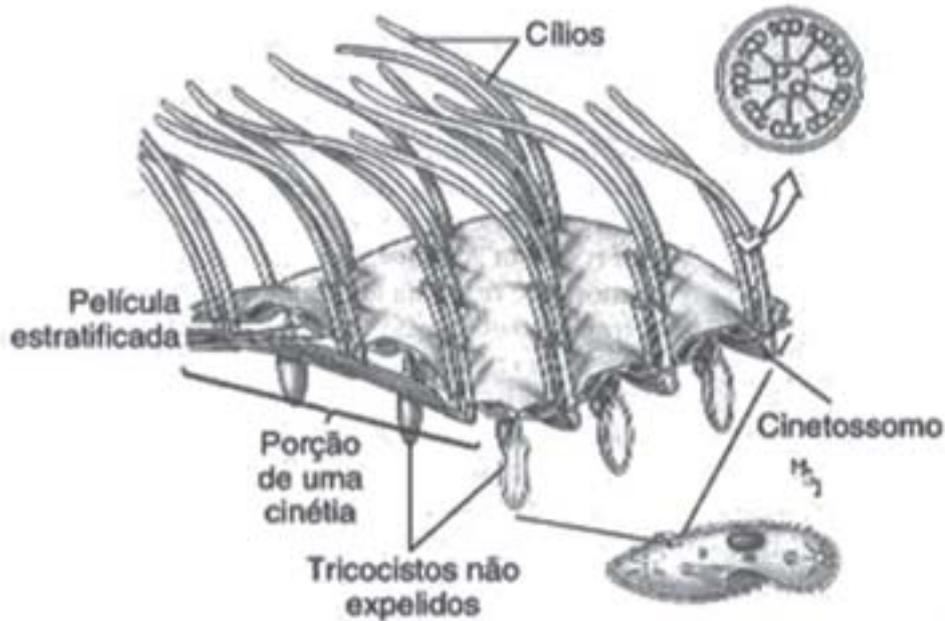
Alguns gêneros do Filo Ciliophora. Fonte: Hickman et al., 2004

O corpo dos ciliados é coberto por uma película complexa: a membrana plasmática externa. Presença de alvéolos que fornece estabilidade da película e limita a permeabilidade. Por eles emergem:

- a) cílios corporais: função locomoção; cílios orais: captura de alimento
- b) corpos mucigênicos: formação de cistos e cobertura de proteção

Abaixo destas estruturas ocorre um sistema infraciliário que possibilita a ancoragem dos cílios e coordenação dos movimentos. Esse sistema é formado por:

- a) cinetossomo: corpúsculo basal que origina o cílio
  - b) cinetodesmo: fibrilas estriadas que conectam os cinetossomos
  - c) tricocistos: organela em forma de garrafa (camada mais profunda).
- Funções: ancoragem/defesa e captura de presas.



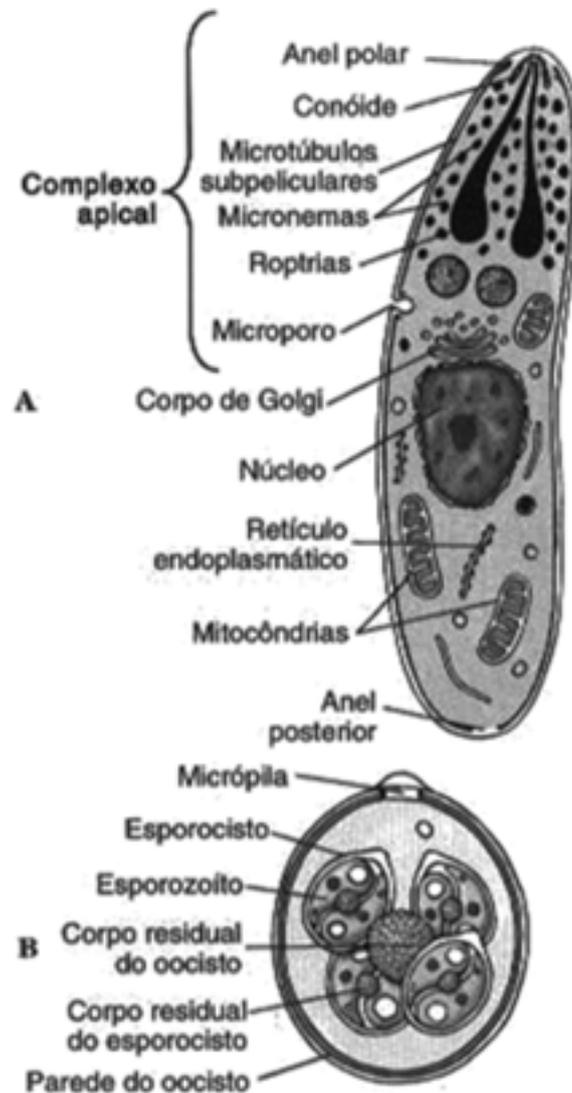
Detalhe de um *Paramecium* mostrando a estrutura da membrana. Note no detalhe o corte de um cílio mostrando os nove pares de microtúbulos longitudinais dispostos em um círculo disposto ao redor de um par central. Esta estrutura de fórmula  $9 \times 2 + 2$  é o axonema recoberto pela membrana. Fonte: Hickman et al., 2004

## REINO PROTISTA: FILOS SPOROZOA

### Características Gerais

Todos são endoparasitas. Algumas vezes necessitam de mais de um hospedeiro para completar o ciclo. Podem apresentar estágios infectantes que lembram esporos (oocisto). Apresentam gametas flagelados. Possuem pseudópodos como estruturas de alimentação. Movimentam-se por deslizamento ou flexões do corpo. Ciclo de vida complexo com gerações sexuada e assexuada.

Os esporozoários apresentam organelas típicas: anéis, bandas e microtúbulos (organelas polares). O corpo pode se apresentar dividido em porções separadas por membranas ou não. Sua porção anterior pode apresentar ganchos, ventosas ou filamentos de ancoragem chamadas **roptrias** e **micronemas** que ajudam a penetrar na célula hospedeira;



Estrutura de um esporozoário generalizado mostrando suas organelas internas (A). Esporo com esporocistos (B). Fonte: Hickman et al., 2004

## CONCLUSÃO

Neste capítulo aprendemos que a origem da vida e dos primeiros eucariontes ocorreu sob condições muito especiais. A célula eucariótica evoluiu graças à competição entre células procariontes de metabolismo anaeróbico, e requereu modificações estruturais e fisiológicas que permitiram o aumento no seu tamanho e adaptação ao meio. A origem dos primeiros protozoários ocorreu sob enorme irradiação de vários filos dentre os quais os Sacordina, Mastigophora, Cilliophora e Sporozoa.

## RESUMO

Os Protozoa são os animais mais abundantes da Terra em termos de número e biomassa. Exibem uma enorme variedade de formas, aspectos fisiológicos e táxons. Apesar de unicelulares, os protozoários apresentam uma membrana altamente seletiva, um citoplasma complexo com várias organelas e núcleo com material genético. O processo nutricional é complexo com formação de vacúolos digestivos e ação de enzimas. Reprodução assexuada é comum, mas pode ocorrer reprodução sexuada importante para a recombinação gênica.



## ATIVIDADES

1. Pesquise sobre os ciclos de doenças causadas por protozoários, seus hospedeiros e sua ocorrência no Brasil.



## REFERÊNCIA

- AMORIM, D. S. 2002. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. Holos Editora. Ribeirão Preto. SP. Brasil. p. 153.
- BRUSCA, R. C. & Brusca, G. J. **Invertebrados**. 2 ed. Editora Guanabara Koogan. p. 1098.
- HENNIG, W. 1966. **Phylogenetic Systematics**. University of Illinois Press. Chicago. USA. p. 263.
- HICKMAN, C. P., Roberts, L. S., Larson, A. 2004. **Princípios integrados de Zoologia**. 11 ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. p. 846
- RIBEIRO COSTA C. S. & Rocha, R. M. 2002. **Invertebrados: manual de Aulas Práticas**. Série Manuais Práticos em Biologia – 3. Holos Editora. Ribeirão Preto. p. 226.
- RUPPERT E.E., Barnes, R.D. & Fox, R. S. 2005. **Zoologia dos Invertebrados: Uma Abordagem Funcional-Evolutiva**. 7 ed. Editora Roca. Rio de Janeiro. p. 1168.