

LGN0114 – Biologia Celular

**Arquitetura Celular**  
**Organização das Células dos**  
**Procariotos e Eucariotos**



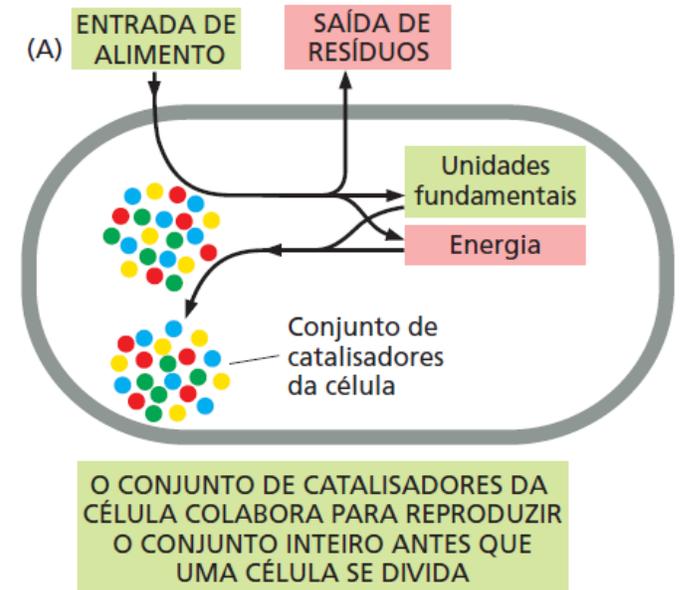
Aula 2

Antonio Figueira  
figueira@cena.usp.br

# Seres Vivos

- Formados por células
- Compartilham mesmas moléculas
- Compartilham mesmo metabolismo
- Código genético - único

*Omnis cellula e cellula*



- **Diversidade x Características comuns!**

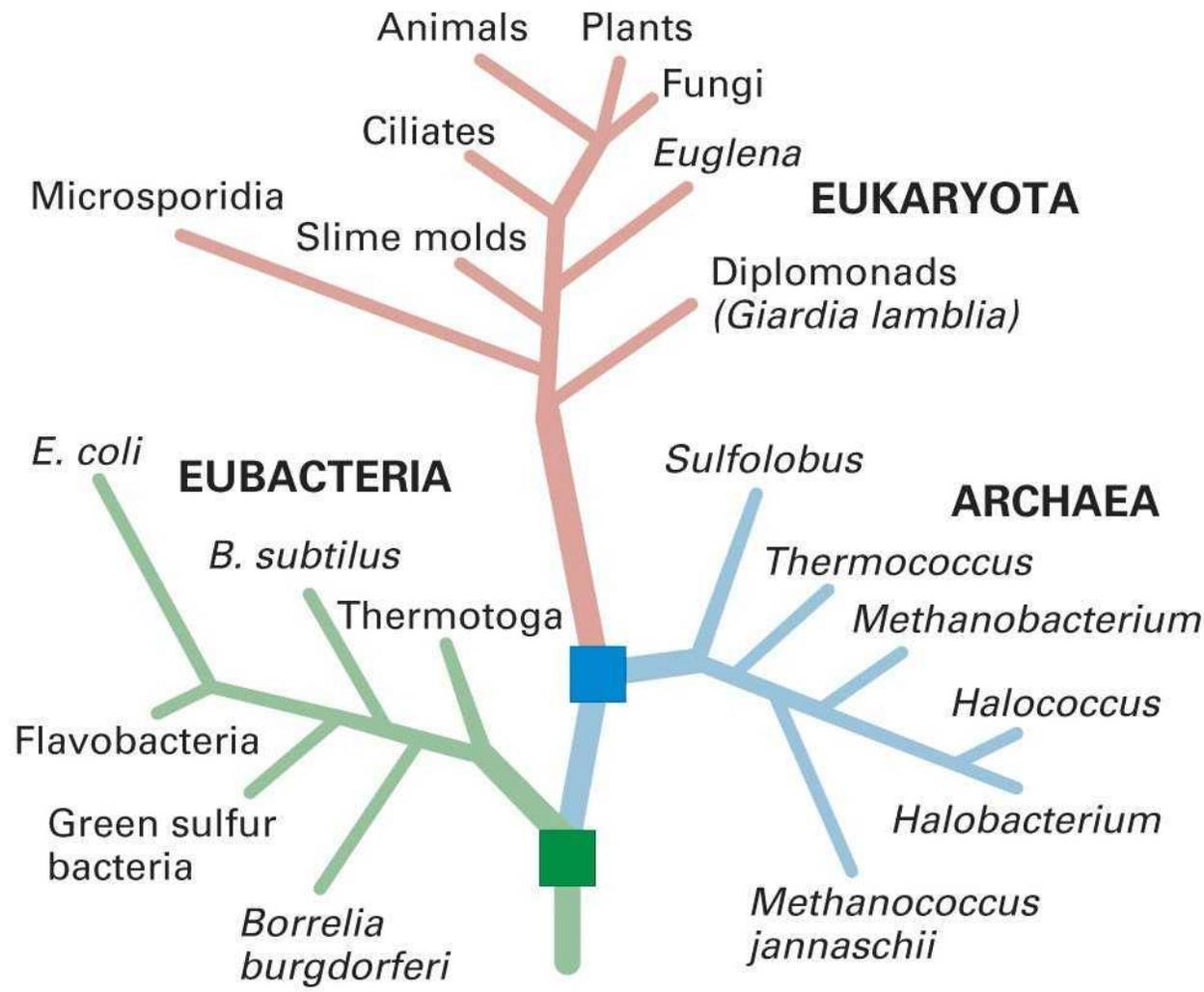
# Classificação por estrutura celular

<b>Procarioto</b>	<b>X</b>	<b>Eucarioto</b>
-------------------	----------	------------------

# Classificação por estrutura celular

<b>Procarioto</b>	<b>X</b>	<b>Eucarioto</b>
-------------------	----------	------------------

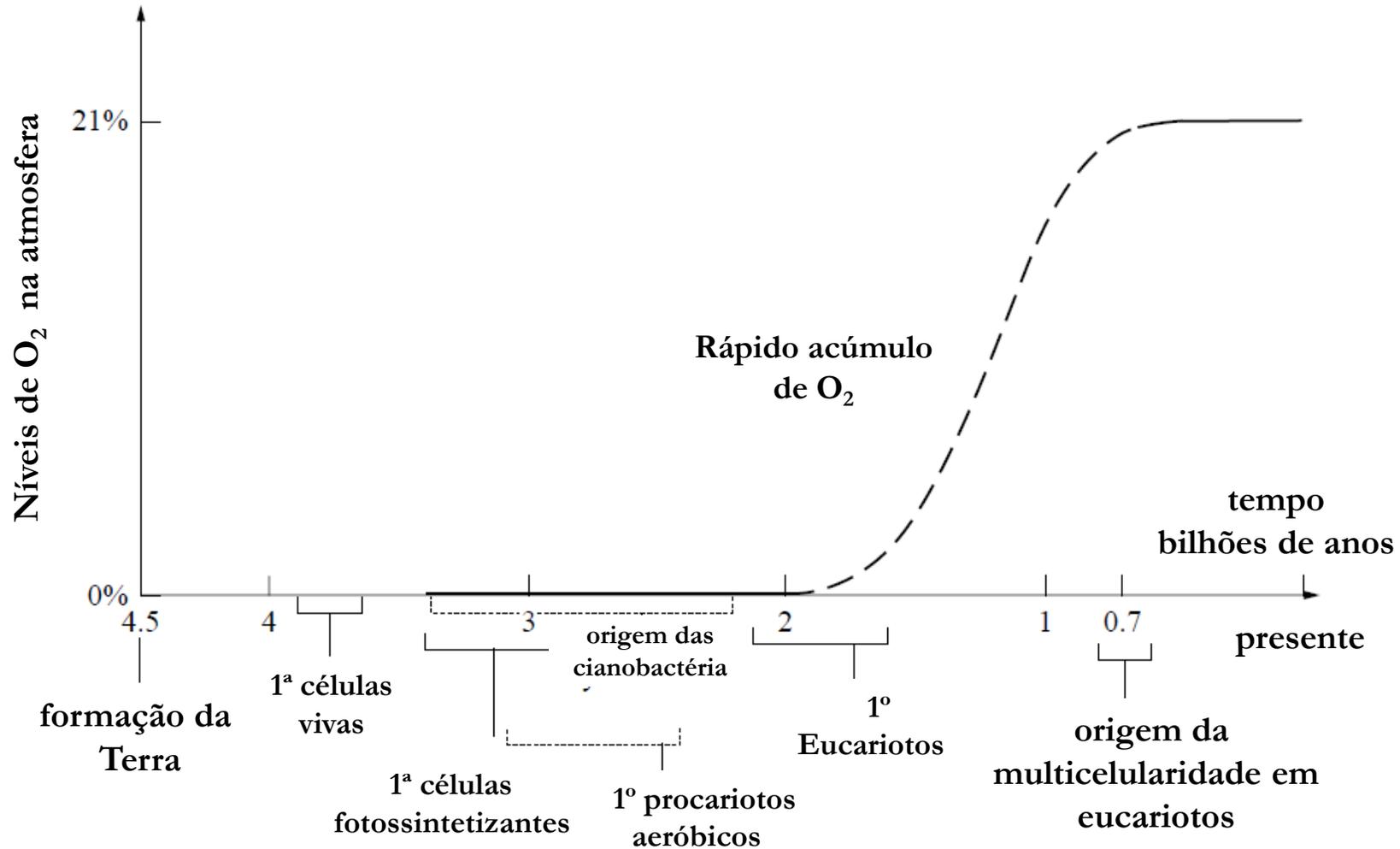
1. Presença de envoltório nuclear
2. Organização celular – endomembranas e organelas
3. Tamanho das células
4. Tamanho e organização dos genomas

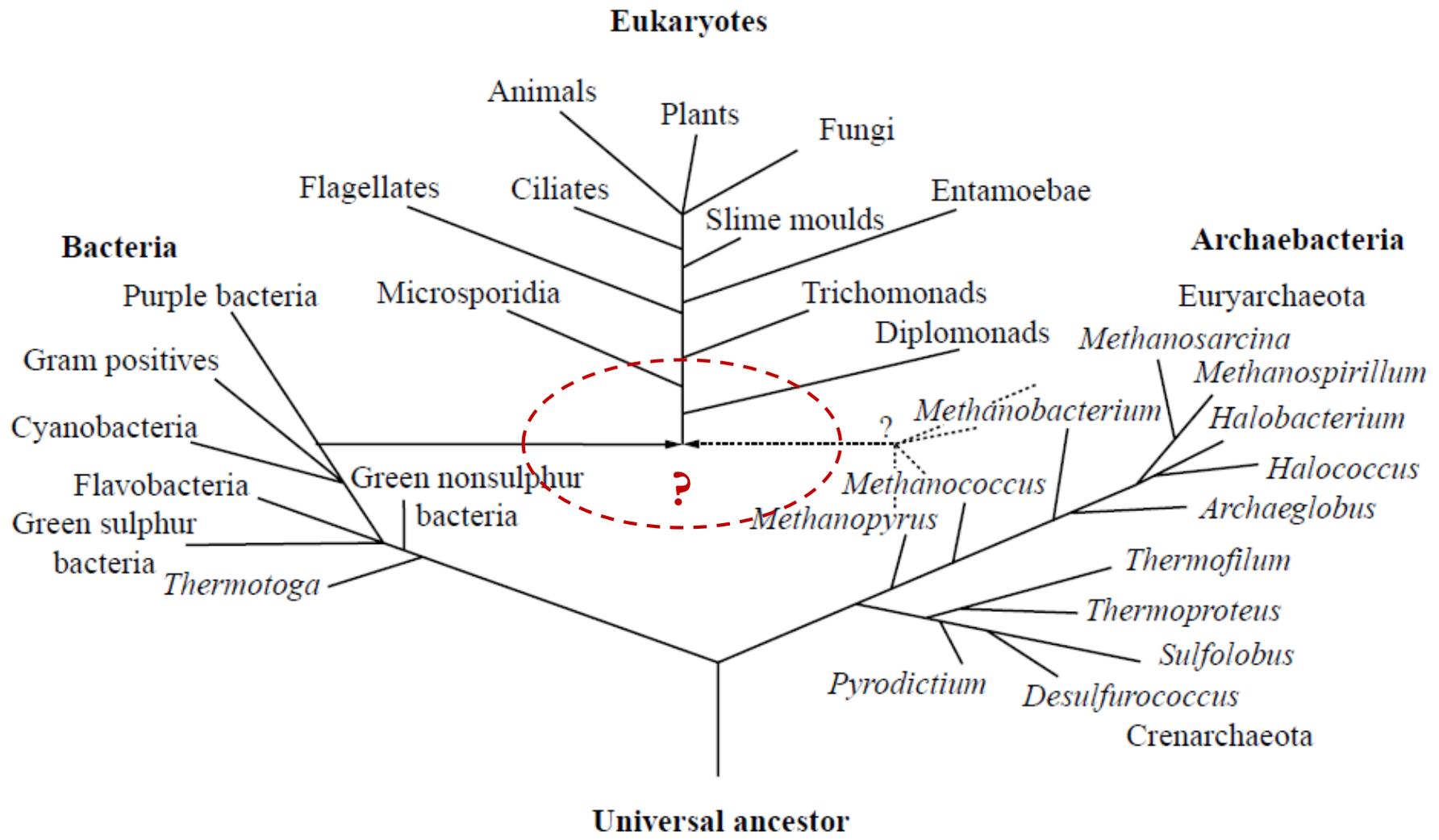


■ Presumed common progenitor of all extant organisms

■ Presumed common progenitor of archaebacteria and eukaryotes

# Evolução dos organismos vivos



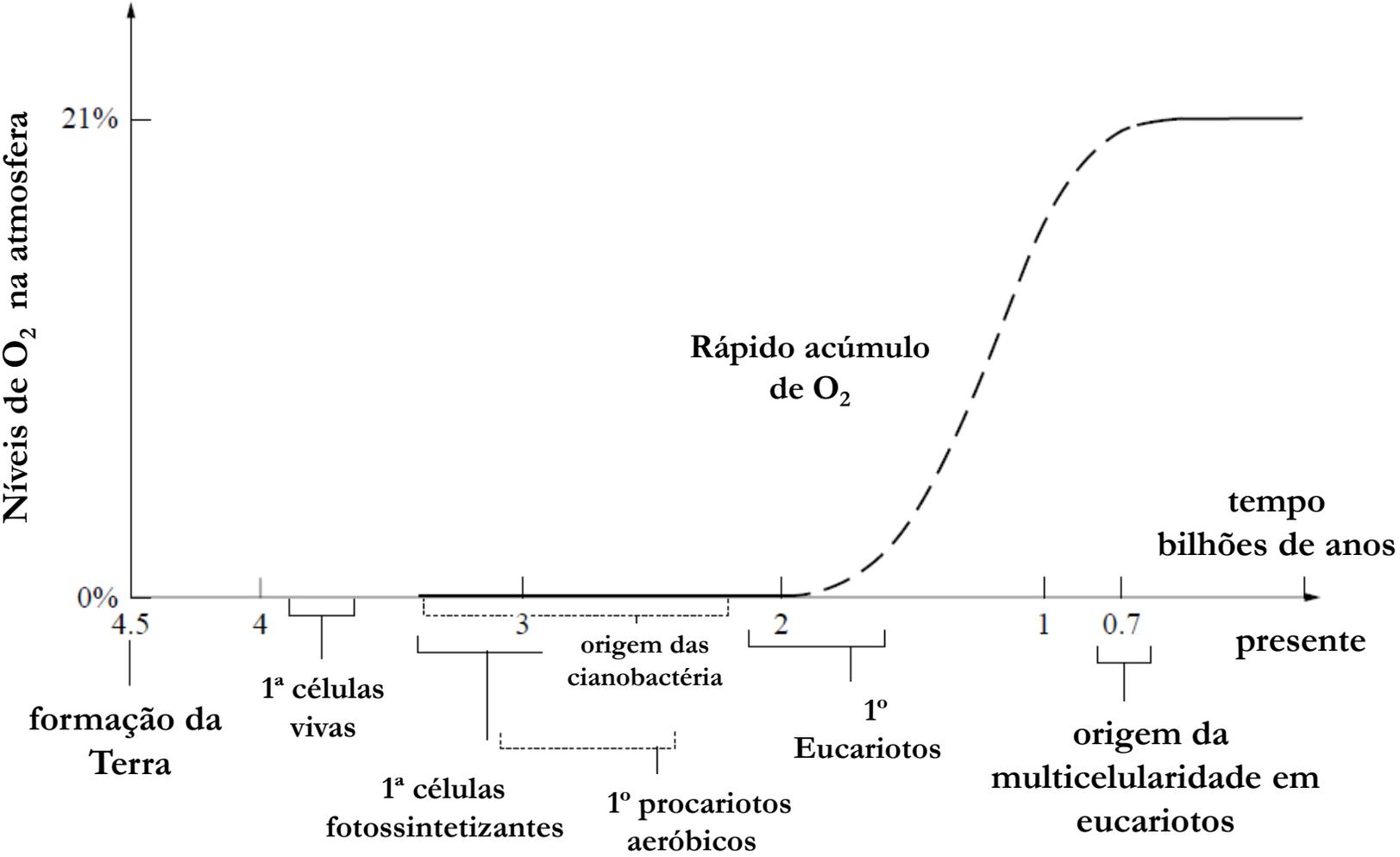


# A origem dos eucariotos

## Como se deu a passagem de procariotos para eucariotos?

- Origem simbiótica das organelas - Mereschowsky (1910)
- Margulis (1970) propôs:
  - Mitocôndria e cloroplasto originaram de bactéria de vida livres - endossimbiose
  - 1ª células eucarióticas originaram de comunidade de entidades microbianas
- 1980s – hipótese que a célula eucariótica surgiu de uma archaea ancestral
  - Núcleo, endomembranas e citoesqueleto
- **Archaea anaeróbica +  $\alpha$ -proteobactéria = proto-eucarioto sem núcleo!**
  - Archaea - incapaz de realizar endocitose

# Evolução dos organismos vivos

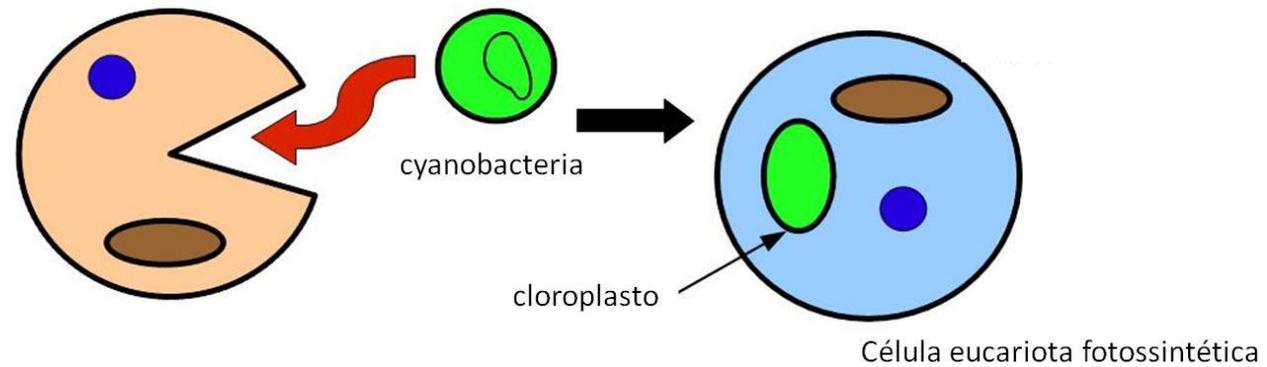
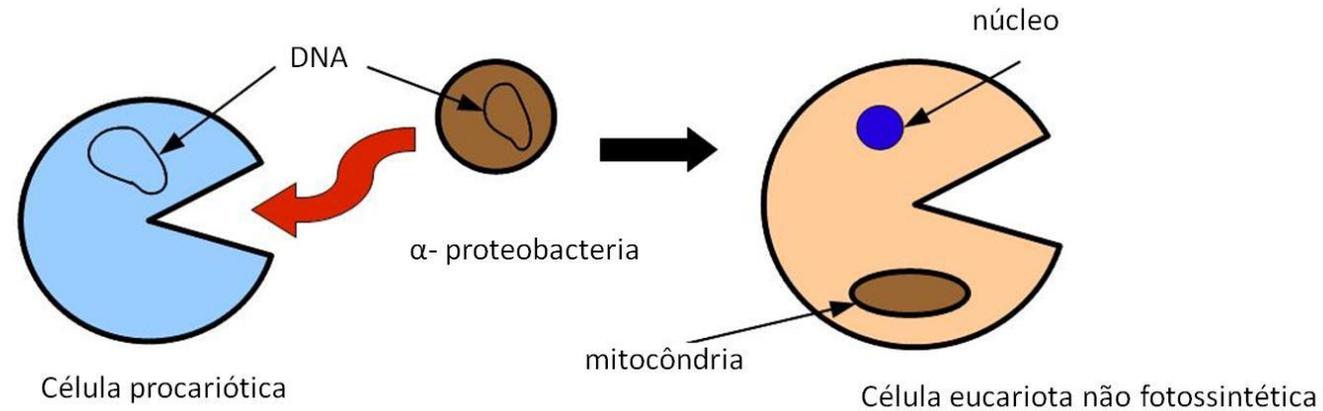


# A origem dos eucariotos

## Como surgiram os eucariotos?

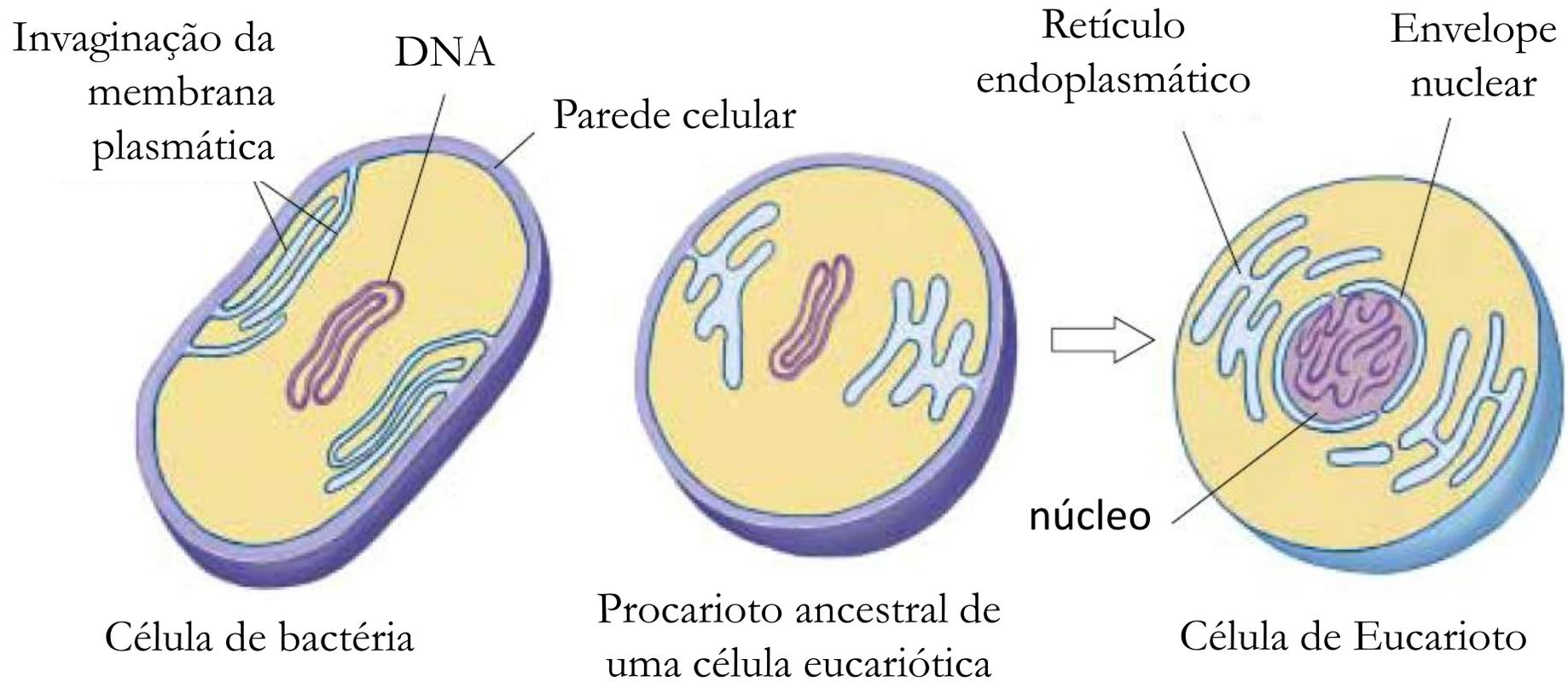
- Acúmulo de  $O_2$  causou a morte dos anaeróbicos ou os levou a ocupar nichos específicos – caso da archaea
- Favorecimento a simbiose archaea x  $\alpha$ -proteobacteria (como fornecedor de energia ou removendo  $O_2$ )
- Não deve ter ocorrido fagocitose – processo complexo e custoso e provavelmente inexistente em archaea

# Marcos Evolutivos



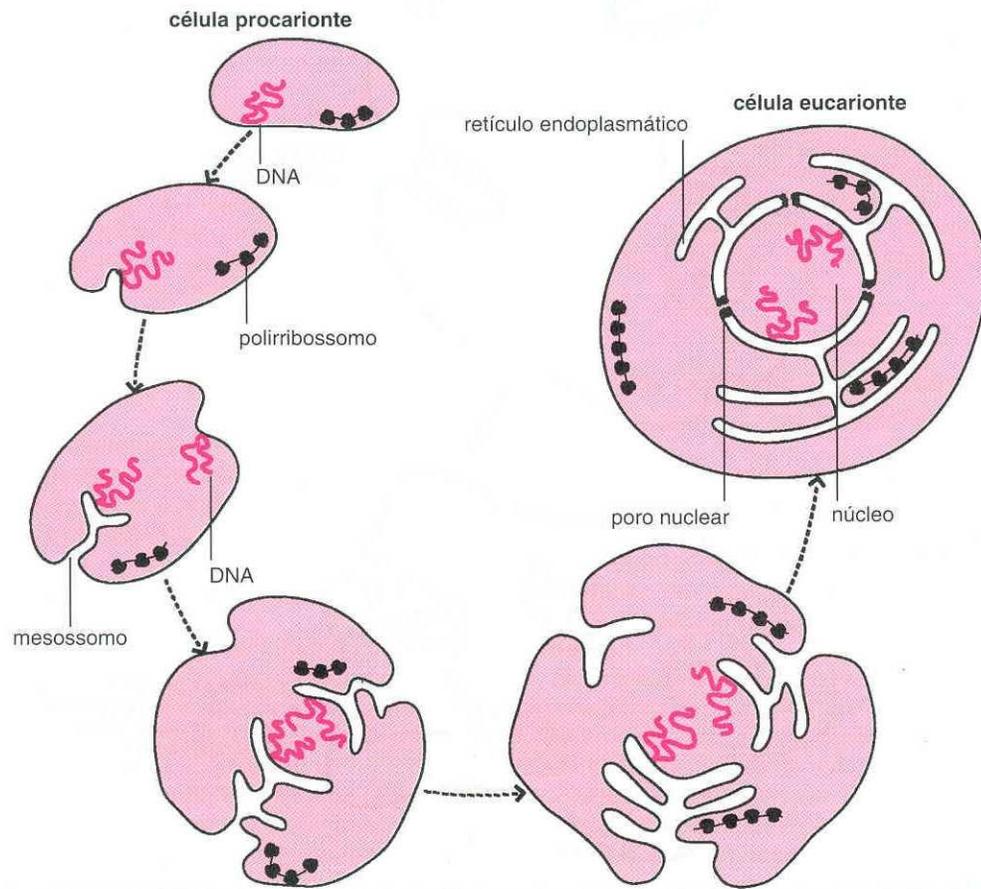
**Dois eventos de endossimbiose**

# Marcos Evolutivos



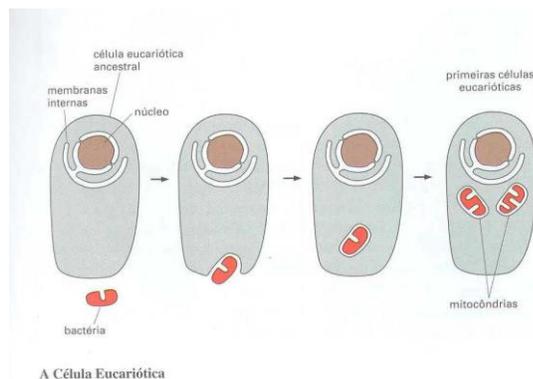
**Invaginação da membrana e perda da parede celular**

# Evolução da célula eucariótica

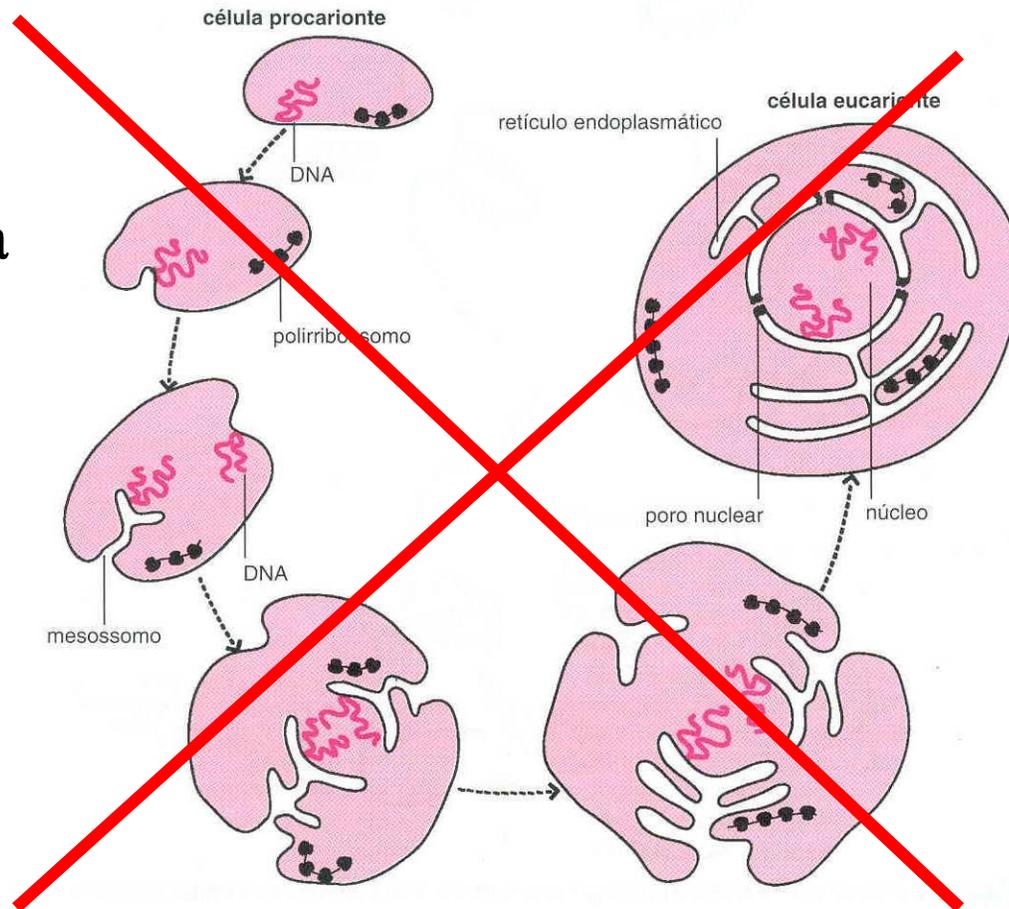


**Compartimentalização –  
especialização de  
processos metabólicos!!**

Teoria da  
endossimbiose  
-> **membrana dupla  
mitocôndria e cloroplastos**

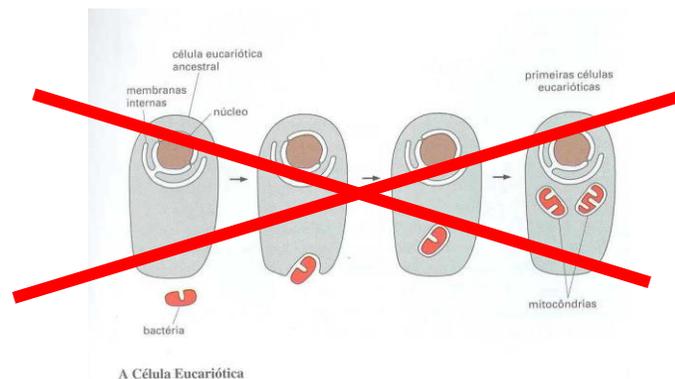


# Evolução da célula eucariótica



**Compartimentalização –  
especialização de  
processos metabólicos!!**

Teoria da  
endossimbiose  
-> **membrana dupla  
mitocôndria e cloroplastos**



# Artigo de 2014 propôs alternativa para invaginação de membranas

Baum and Baum *BMC Biology* 2014, **12**:76  
<http://www.biomedcentral.com/1741-7007/12/76>



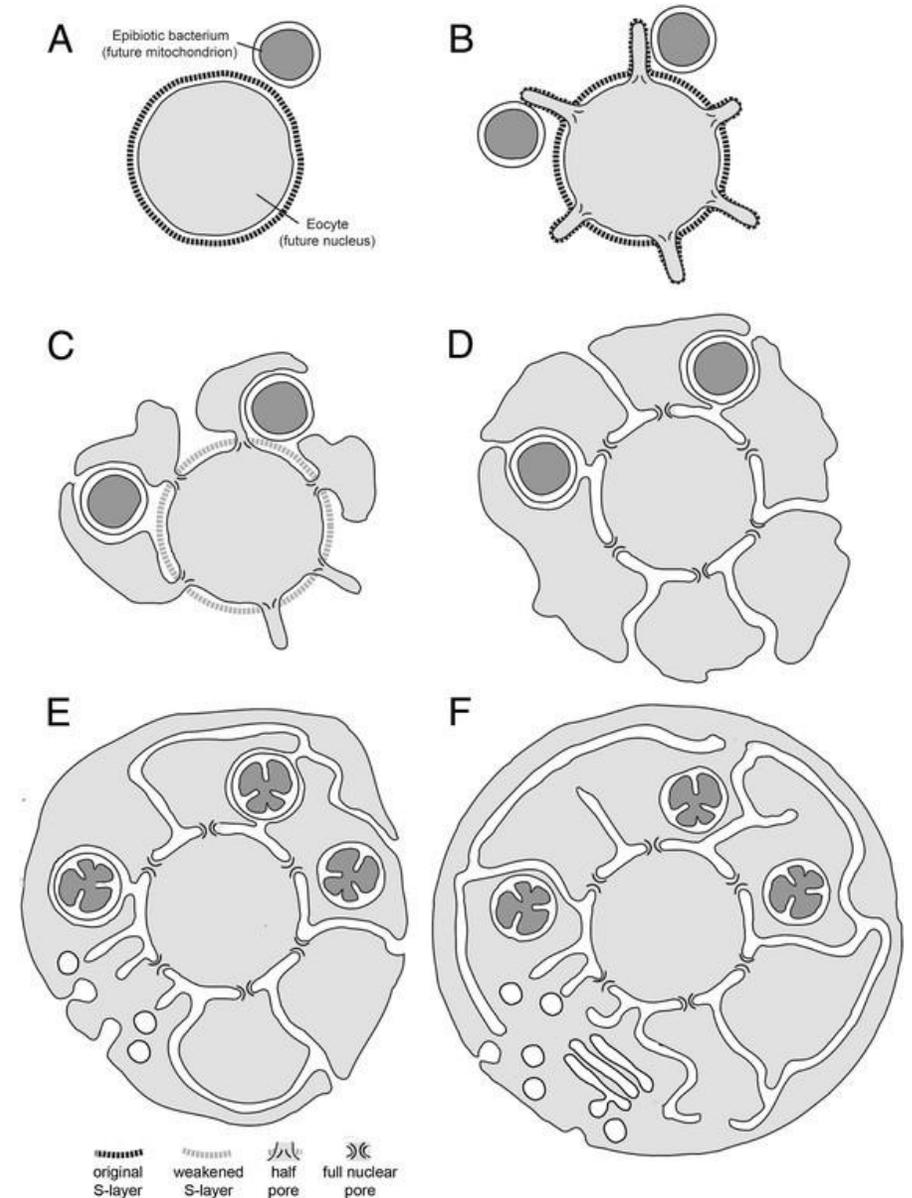
RESEARCH ARTICLE

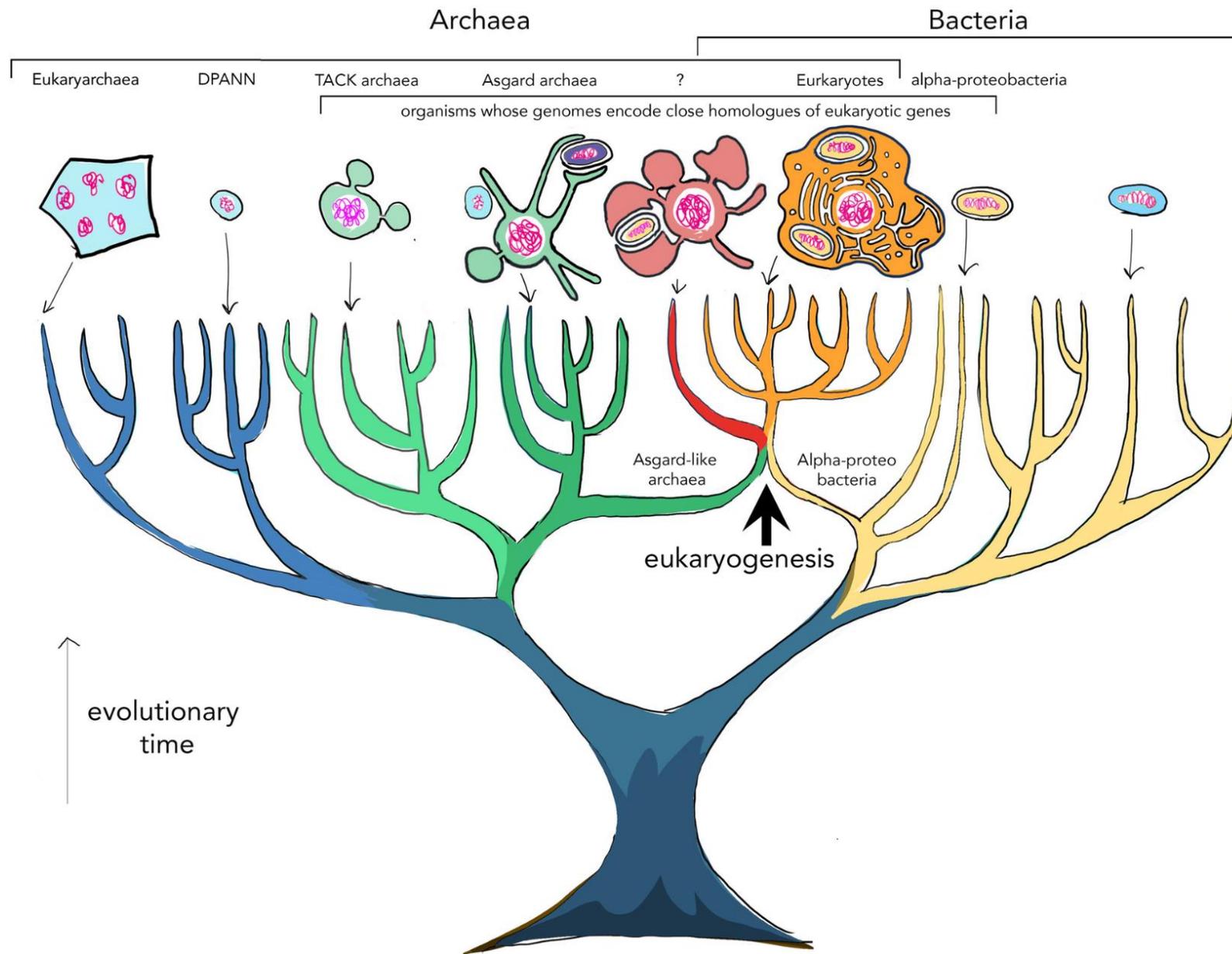
Open Access

## An inside-out origin for the eukaryotic cell

David A Baum<sup>1,2\*</sup> and Buzz Baum<sup>3</sup>

Baum & Baum, 2014



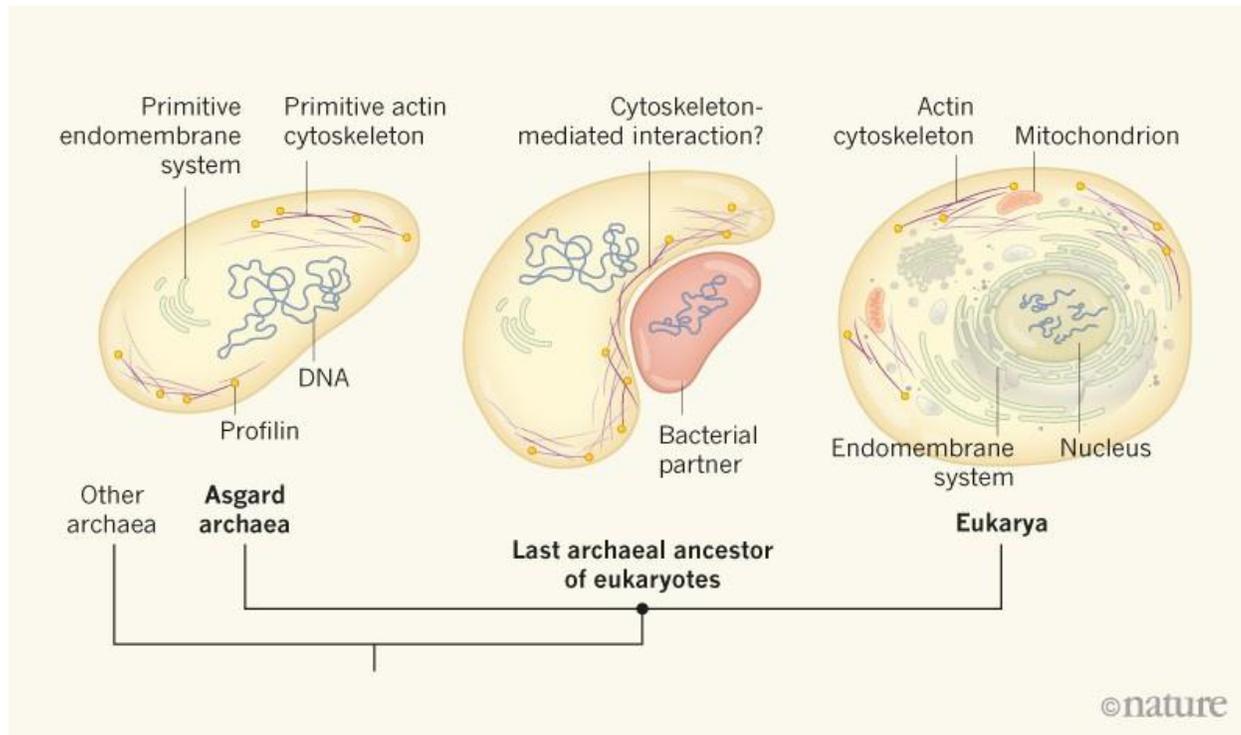


# Archaea Asgard – organismo mais próximo de Eucariotos

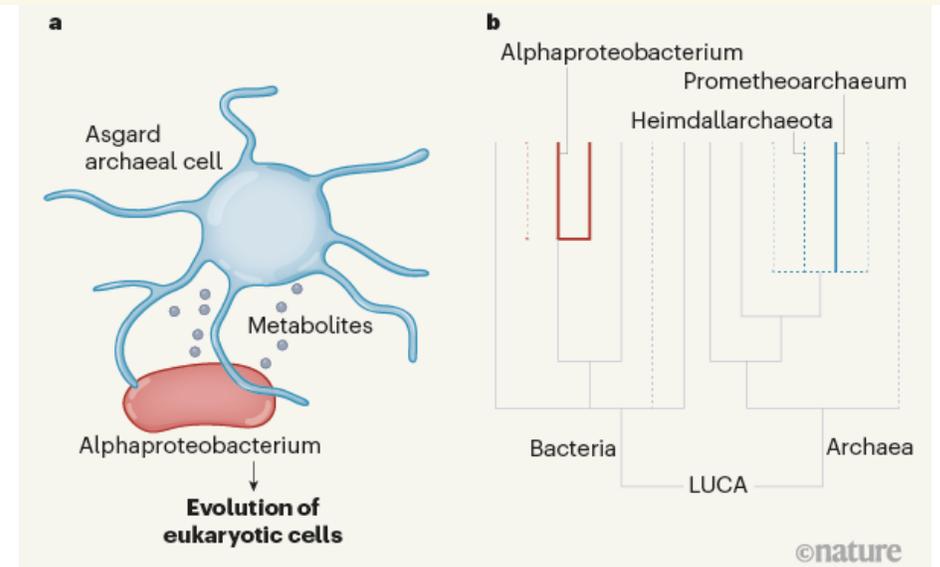
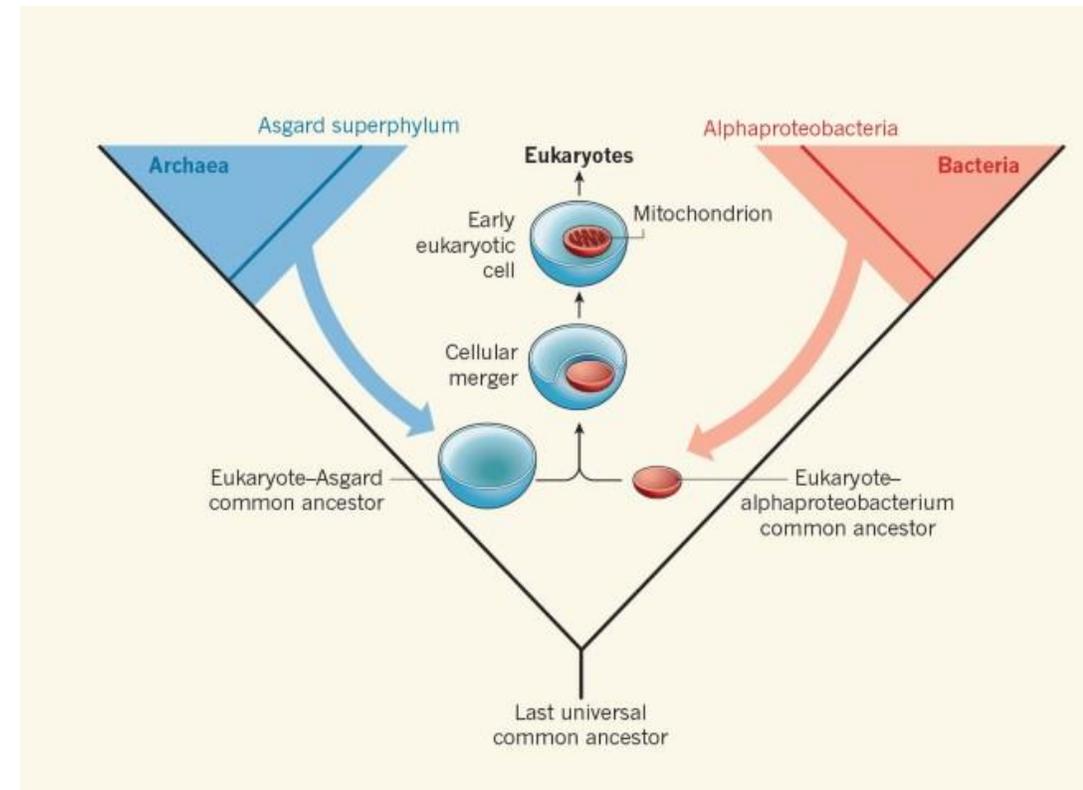
## Possuem citoesqueleto composto por actina e profilina

Linhagens Asgard (**Lokiarchaeota**, **Odinarchaeota**, **Thorarchaeota** and **Heimdallarchaeota**)

Possuem *Eukaryotic Protein Signatures* EPS



1,8 bilhões anos atrás



Article

# Isolation of an archaeon at the prokaryote–eukaryote interface

https://doi.org/10.1038/s41586-019-1916-6

Received: 6 August 2019

Accepted: 5 December 2019

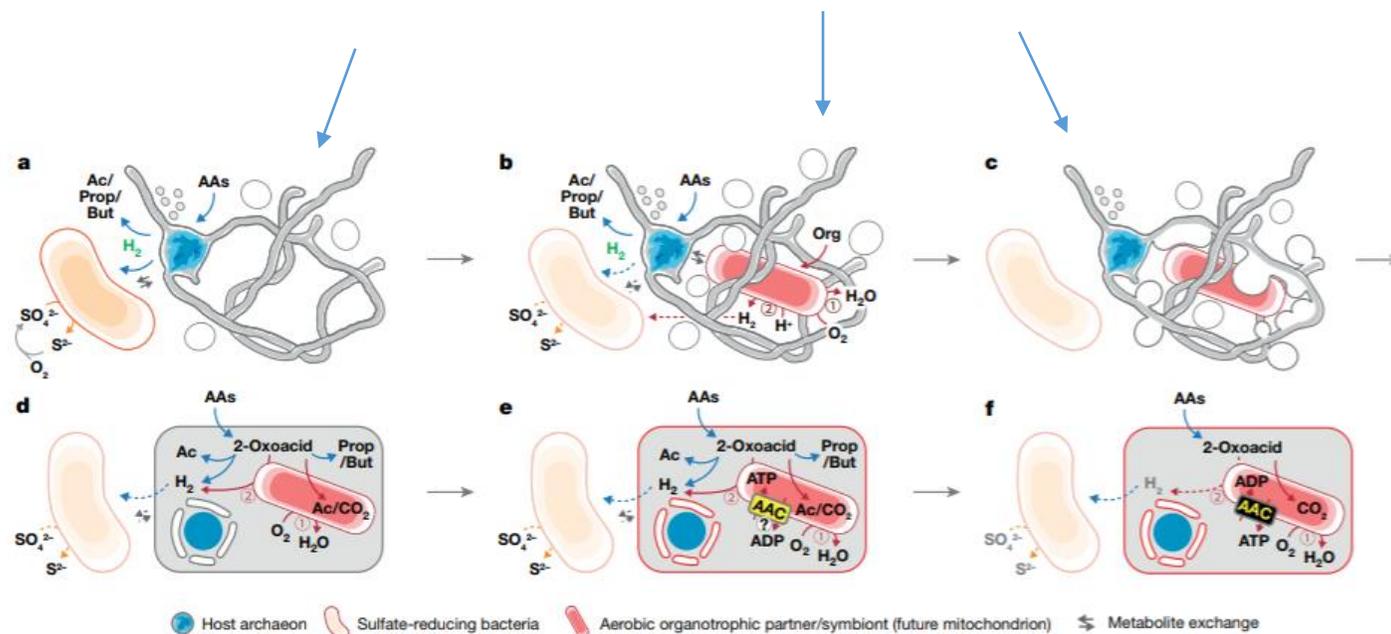
Published online: 15 January 2020

Open access

Hiroyuki Imachi<sup>1,2\*</sup>, Masaru K. Nobu<sup>2,3\*</sup>, Nozomi Nakahara<sup>1,2,3</sup>, Yuki Morono<sup>4</sup>, Miyuki Ogawara<sup>1</sup>, Yoshihiro Takaki<sup>1</sup>, Yoshinori Takano<sup>5</sup>, Katsuyuki Uematsu<sup>6</sup>, Tetsuro Ikuta<sup>7</sup>, Motoo Ito<sup>4</sup>, Yohei Matsui<sup>8</sup>, Masayuki Miyazaki<sup>1</sup>, Kazuyoshi Murata<sup>9</sup>, Yumi Saito<sup>1</sup>, Sanae Sakai<sup>1</sup>, Chihong Song<sup>9</sup>, Eiji Tasumi<sup>1</sup>, Yuku Yamanaka<sup>1</sup>, Takashi Yamaguchi<sup>2</sup>, Yoichi Kamagata<sup>2</sup>, Hideyuki Tamaki<sup>2</sup> & Ken Takai<sup>1,10</sup>

The origin of eukaryotes remains unclear<sup>1–4</sup>. Current data suggest that eukaryotes may have emerged from an archaeal lineage known as ‘Asgard’ archaea<sup>5,6</sup>. Despite the eukaryote-like genomic features that are found in these archaea, the evolutionary transition from archaea to eukaryotes remains unclear, owing to the lack of cultured representatives and corresponding physiological insights. Here we report the decade-long isolation of an Asgard archaeon related to Lokiarchaeota from deep marine sediment. The archaeon—‘*Candidatus Prometheoarchaeum syntrophicum*’ strain MK-D1—is an anaerobic, extremely slow-growing, small coccus (around 550 nm in diameter) that degrades amino acids through syntrophy. Although eukaryote-like intracellular complexes have been proposed for Asgard archaea<sup>6</sup>, the isolate has no visible organelle-like structure. Instead, *Ca. P. syntrophicum* is morphologically complex and has unique protrusions that are long and often branching. On the basis of the available data obtained from cultivation and genomics, and reasoned interpretations of the existing literature, we propose a hypothetical model for eukaryogenesis, termed the entangle–engulf–endogenize (also known as E<sup>3</sup>) model.

## Protusões ramificadas

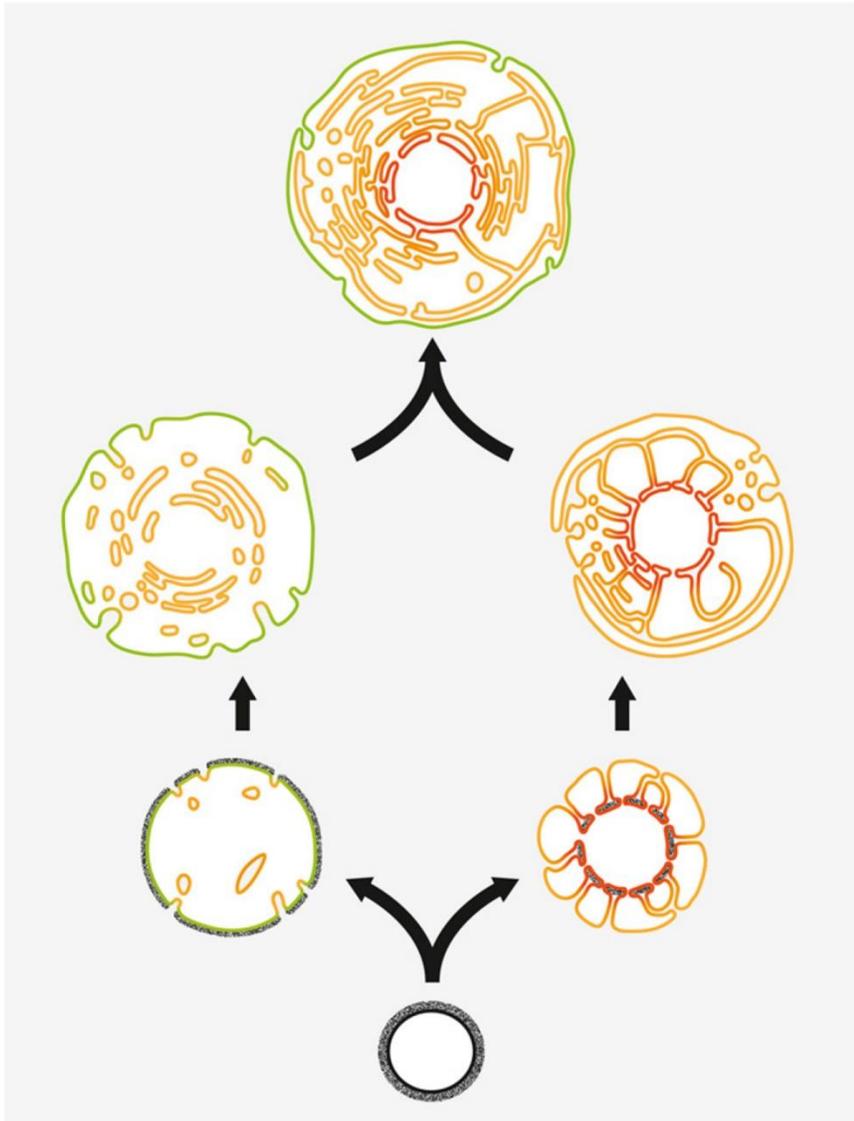


**Fig. 5 | Proposed hypothetical model for eukaryogenesis.** **a**, The syntrophic/fermentative host archaeon is suggested to degrade amino acids to short-chain fatty acids and H<sub>2</sub>, possibly by interacting with H<sub>2</sub>-scavenging (and indirectly O<sub>2</sub>-scavenging) SRB (orange; see Supplementary Note 6). **b**, The host may have further interacted with a facultatively aerobic organotrophic partner that could scavenge toxic O<sub>2</sub> (the future mitochondrion; red). Continued interaction with SRB could have been beneficial but not necessarily essential; dotted arrows indicate the interaction; see Supplementary Note 7. **c**, Host external structures could have interacted (for example, mechanical or

biological fusion<sup>50</sup>) with the aerobic partner to enhance physical interaction and further engulf the partner for simultaneous development of endosymbiosis and a primitive nucleoid-bounding membrane. **d**, After engulfment, the host and symbiont could have continued the interaction shown in **b** as a primitive type of endosymbiosis. **e**, Development of ADP/ATP carrier (AAC) by the endosymbiont (initial direction of ATP transport remains unclear; see Supplementary Note 9). **f**, Endogenization of partner symbiosis by the host through delegation of catabolism and ATP generation to the endosymbiont and establishment of a symbiont-to-host ATP channel.

## Modelo hipotético de Eukariogenese

### Entangle - Engulf - Endogenize (modelo E3)



Baum 2015

Baum and Baum *BMC Biology* (2020) 18:72  
<https://doi.org/10.1186/s12915-020-00806-3>

BMC Biology

COMMENT

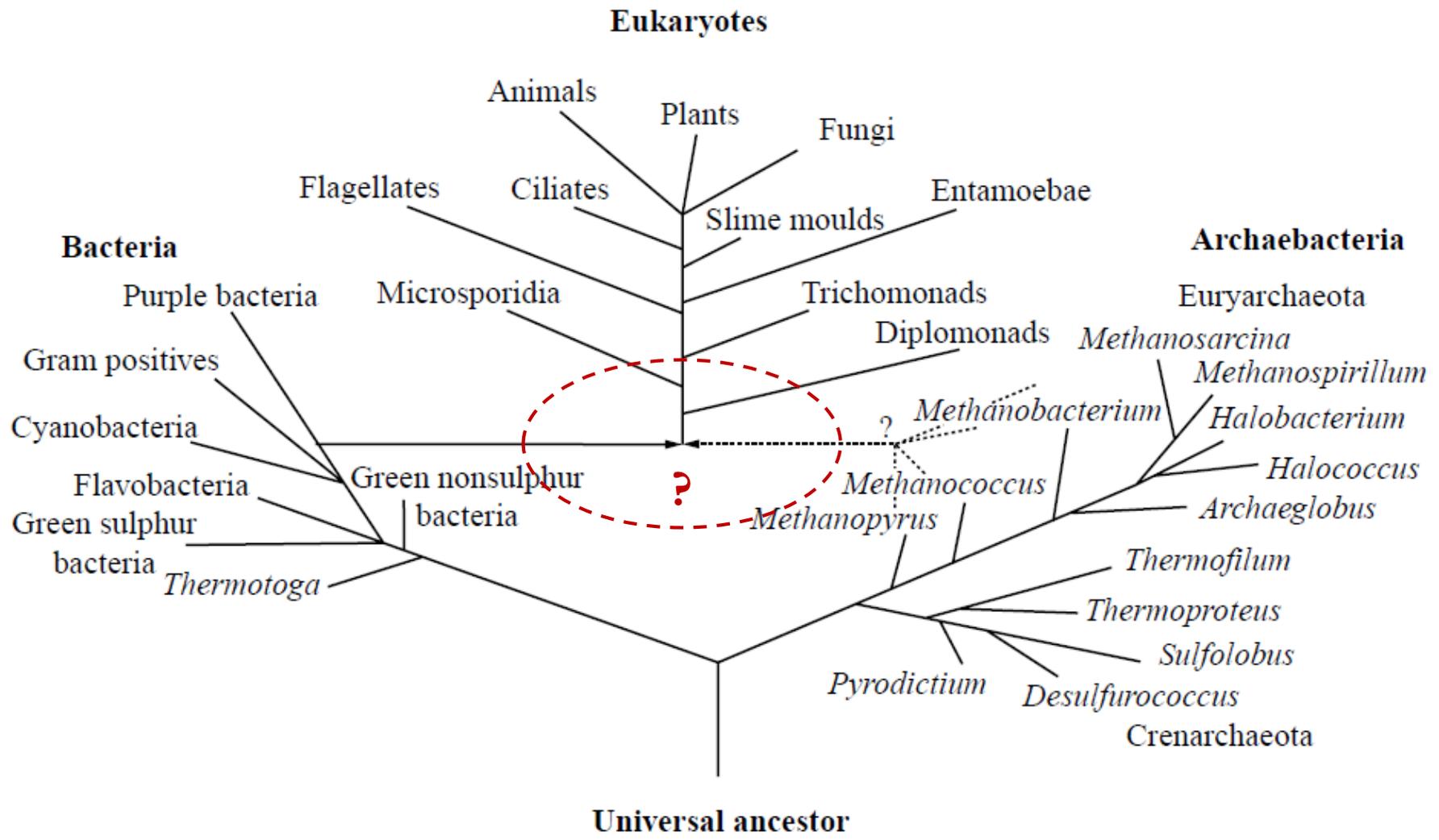
Open Access

## The merger that made us

Buzz Baum<sup>1\*</sup> and David A. Baum<sup>2\*</sup>



Baum & Baum, 2020



# Classificação por estrutura celular

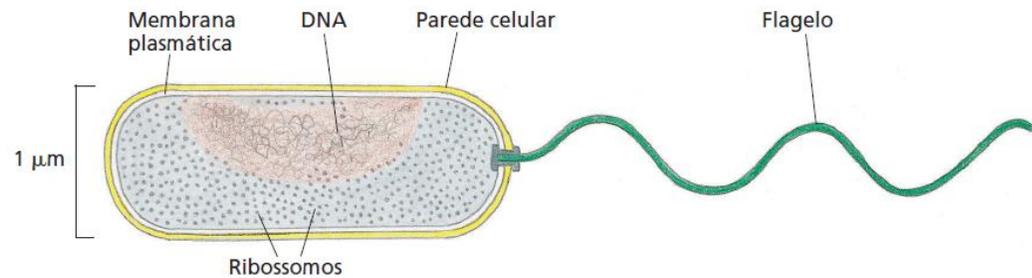
<b>Procarioto</b>	<b>X</b>	<b>Eucarioto</b>
-------------------	----------	------------------

1. **Presença de envoltório nuclear**
2. **Organização celular – endomembranas e organelas**
3. **Tamanho das células**
4. **Tamanho e organização dos genomas**

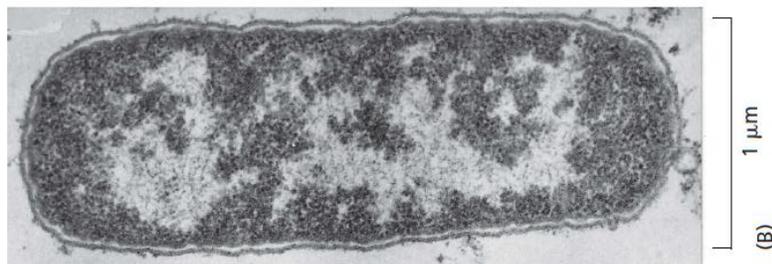
# 1. Presença de envoltório nuclear

**Procarioto:** organismo (geralmente **unicelular**), cujas células não apresentam um núcleo verdadeiro delimitado por membranas

**Eucarioto:** organismo (**unicelular ou multicelular**), cujas células apresentam núcleo verdadeiro.



**Célula Procariótica**

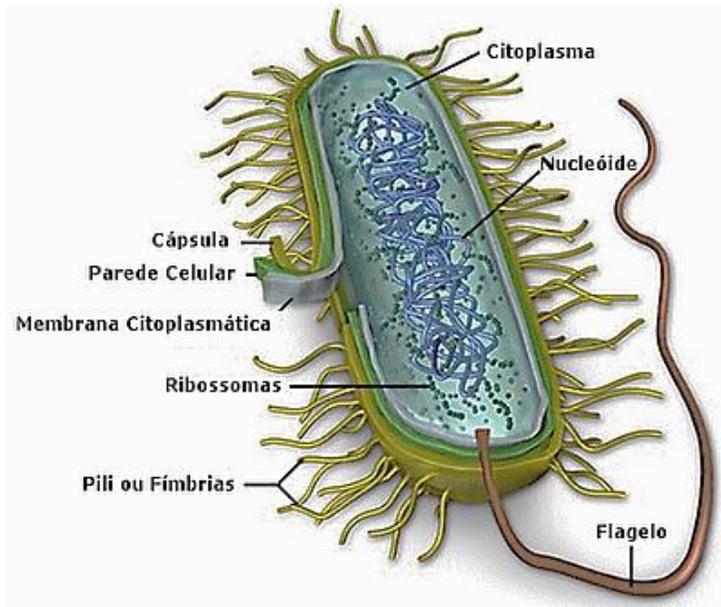


**Célula Eucariótica Animal**

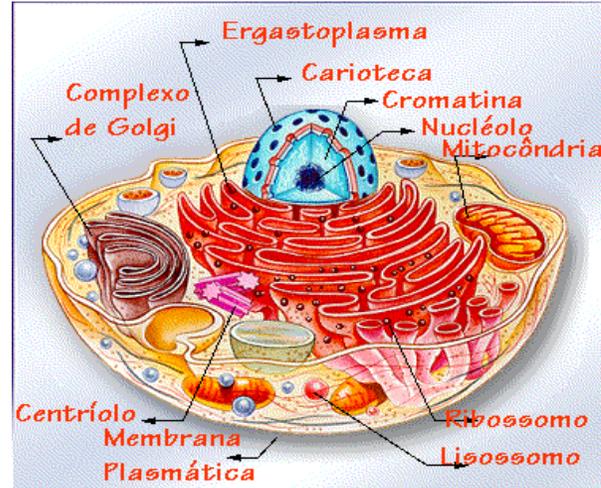


**Célula Eucariótica Vegetal**

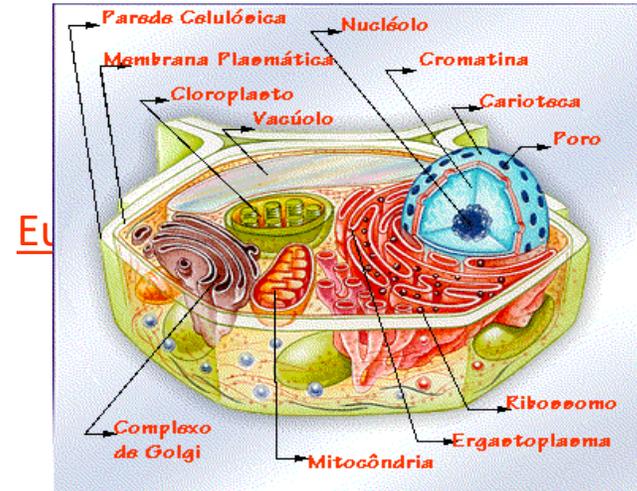
## 2. Organização Celular



Célula Procariótica



Célula Eucariótica Animal



Célula Eucariótica Vegetal

Sistemas de endomembranas

# Células eucaróticas

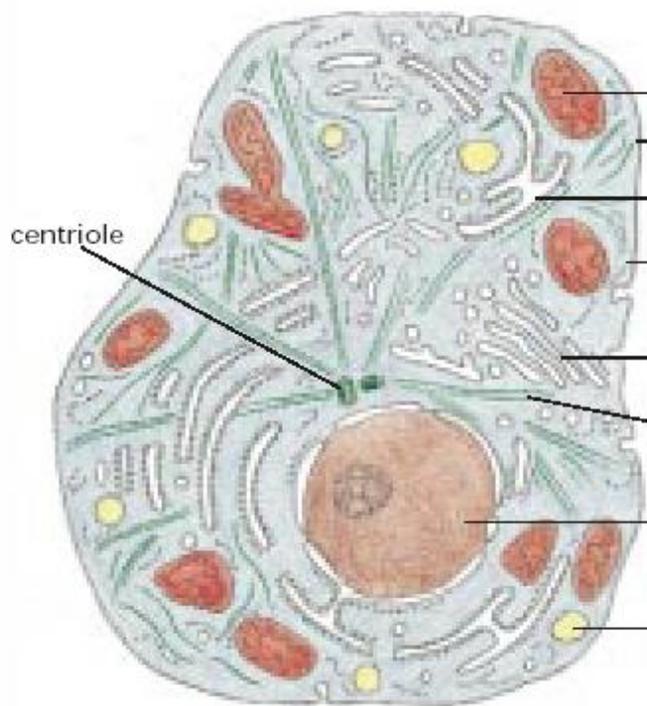
## Animais x Vegetais

### Células Vegetais:

- presença de parede celular - rigidez
  - celulose, pectina
- presença de plastos
  - cloroplastos, cromoplastos, leucoplastos,
- vacúolos citoplasmáticos
- presença de amido x glicogênio
- presença de plasmodesmos
- ausência de centríolo

## ANIMAL CELL

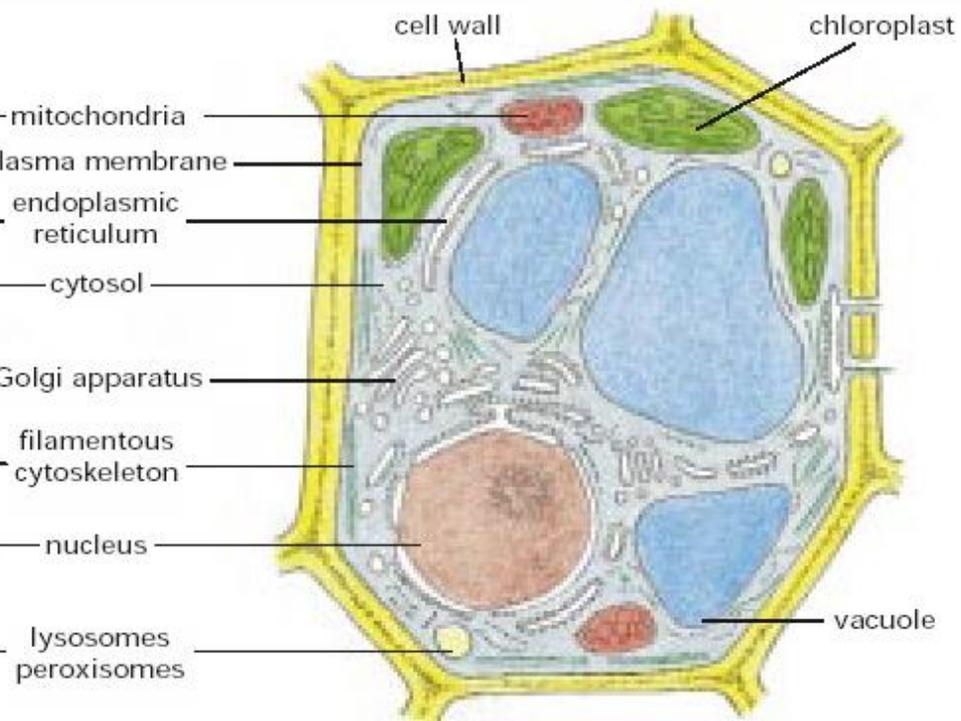
thin section of a generalized animal cell



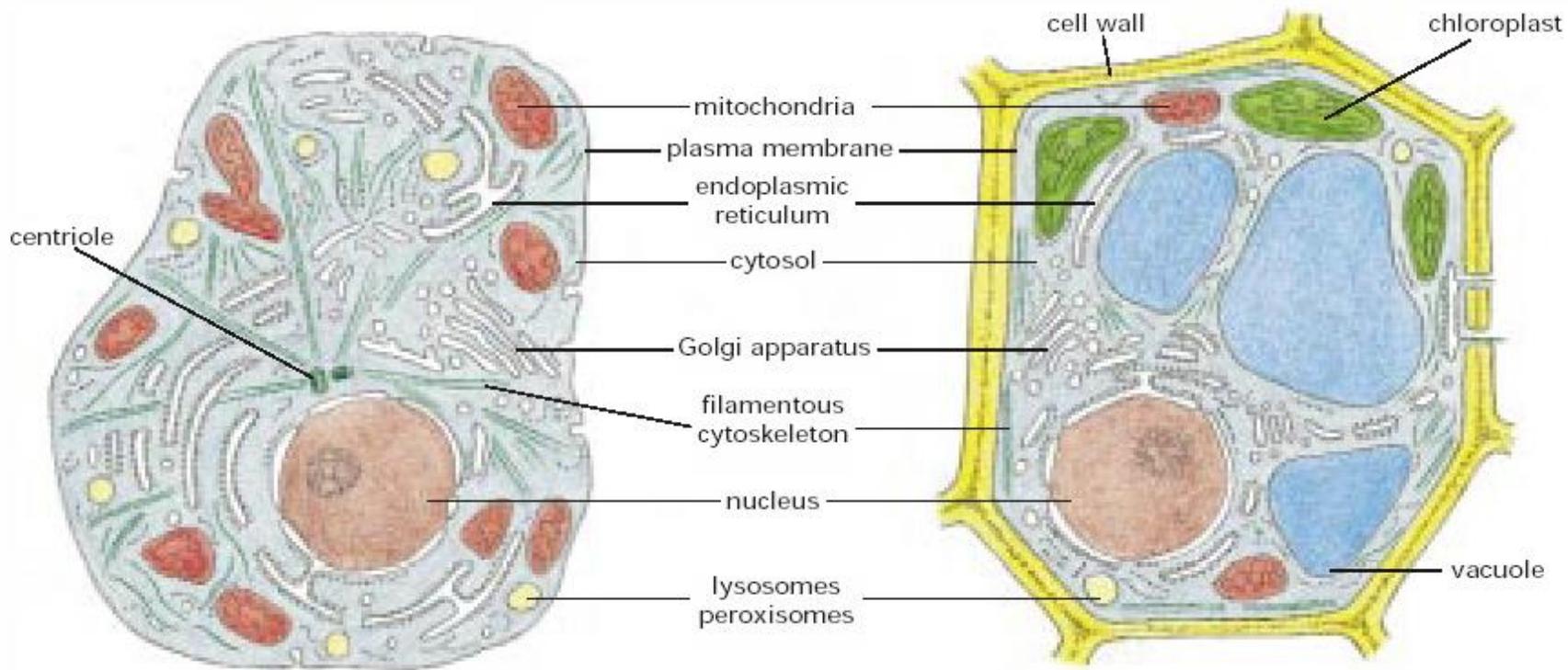
10-30  $\mu\text{m}$

## PLANT CELL

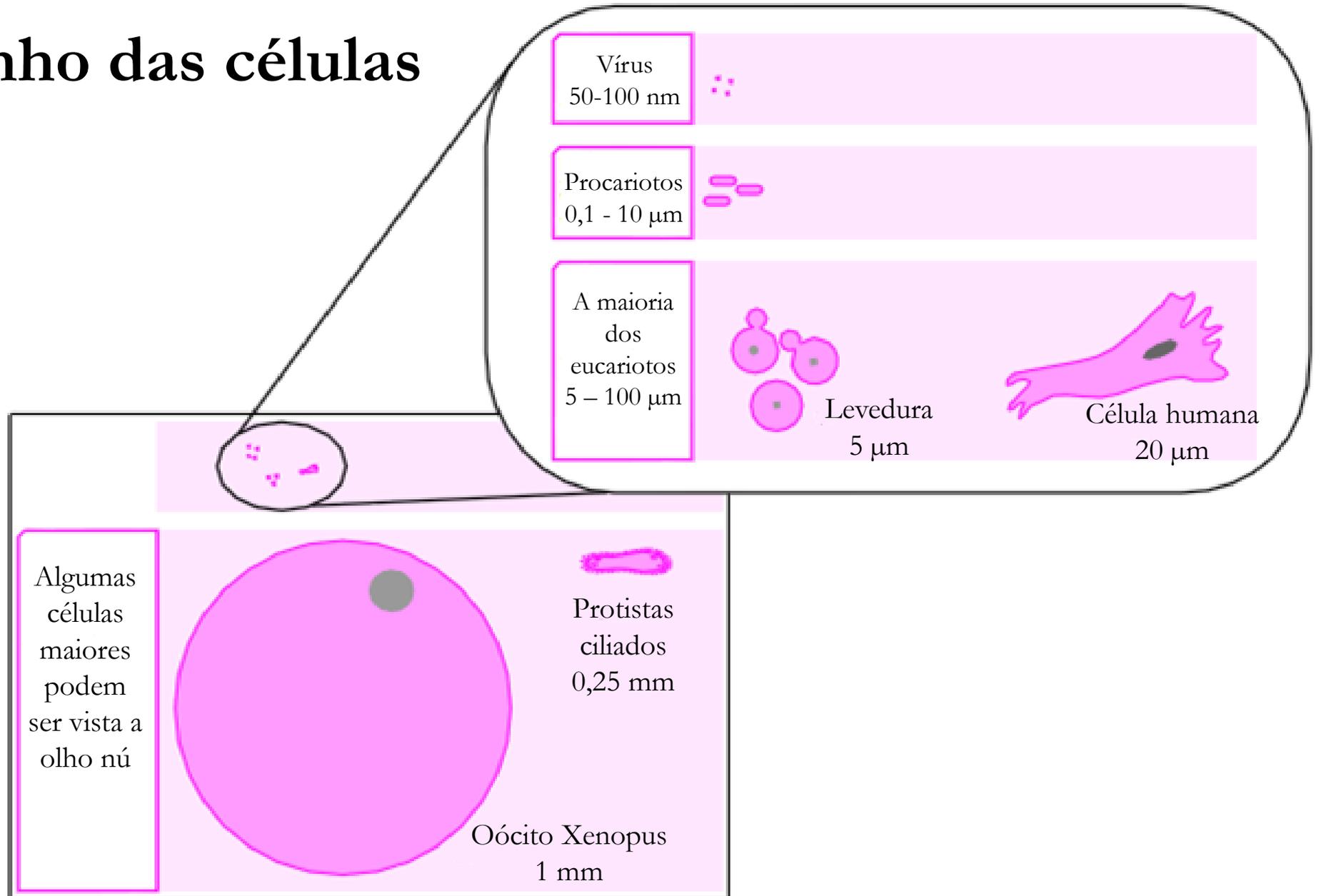
thin section of a generalized cell from a higher plant



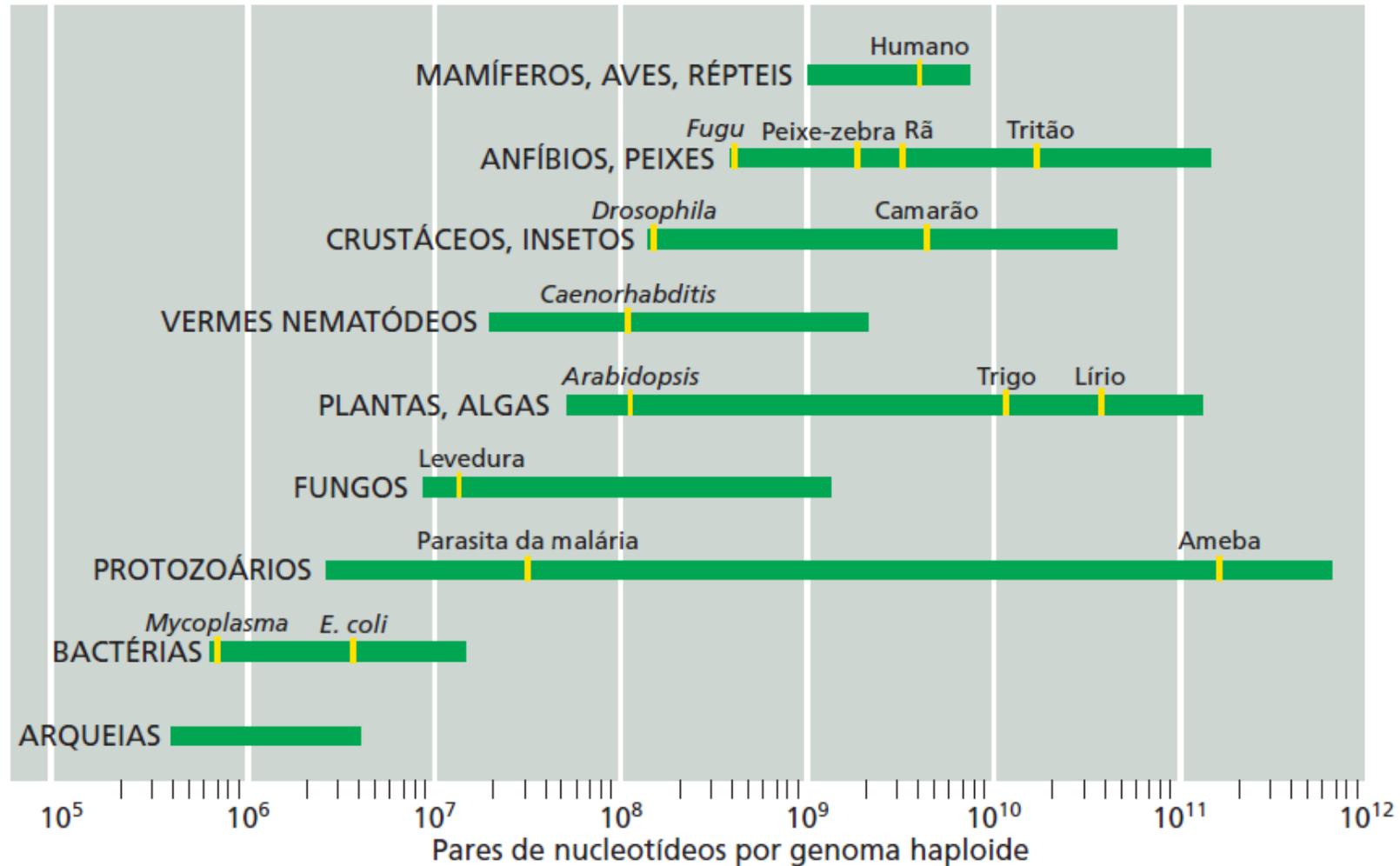
10-100  $\mu\text{m}$



### 3. Tamanho das células



# 4. Tamanho e Organização do Genoma



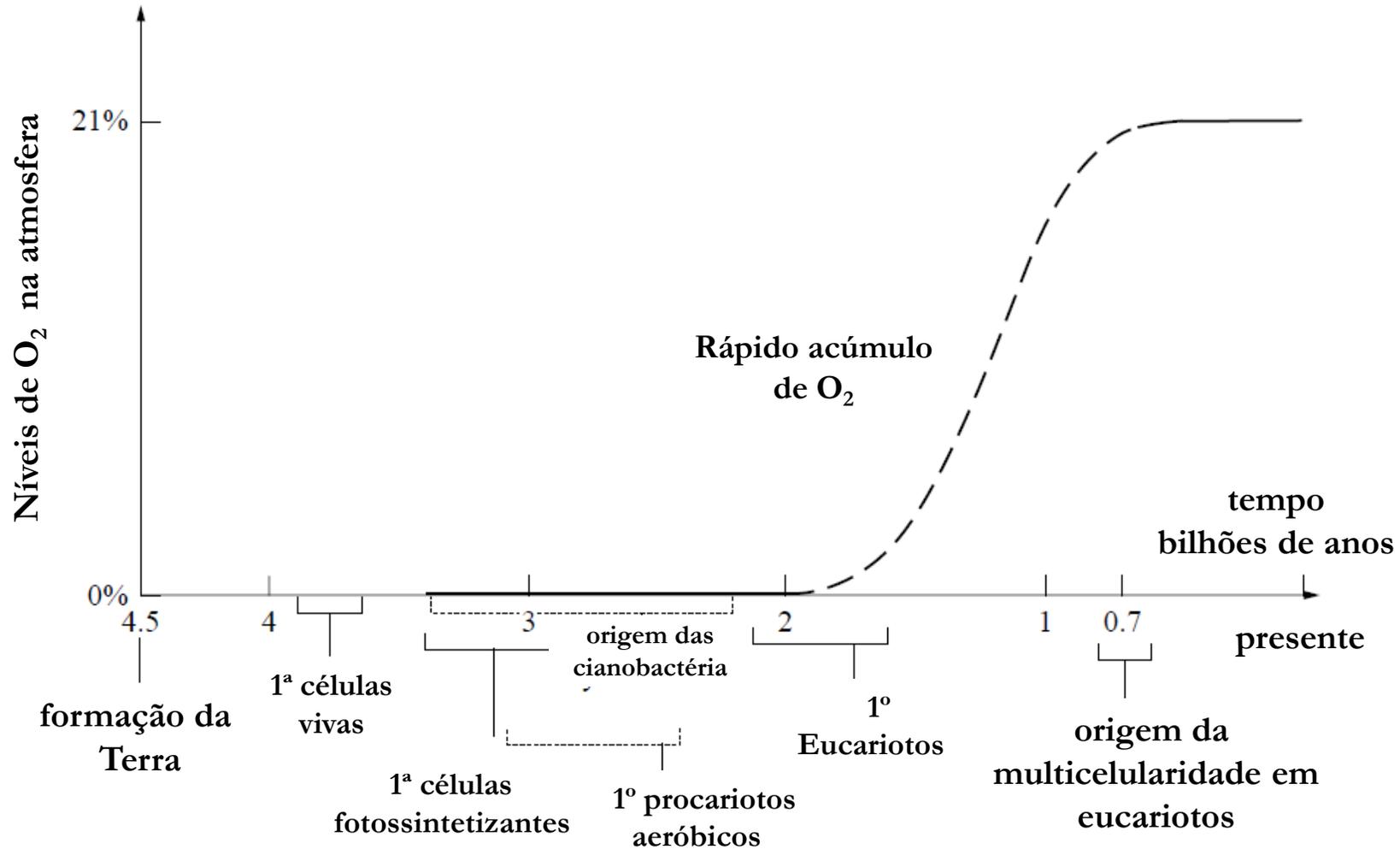
# Características dos genomas de Procariotos e Eucariotos

<b>Caracterização do genoma</b>	<b>Procariotos</b>	<b>Eucariotos</b>
<b>Tamanho do genoma</b>	600 kb – 9,5 MB	3 MB – 140 000 Mb
<b>Tamanho dos genes</b>	950 pb/4300	2500 pb/19000
<b>Transferência horizontal de genes</b>	significante	raro
<b>Sequências não-codificadoras</b>	pouca	muita
<b>introns</b>	raro	geral
<b>Número de genes redundantes</b>	raro	geral
<b>Nível de ploidia</b>	haploide	Haploide/poliploide
<b>Número de cromossomos</b>	um	múltiplos
<b>Heterosigoze</b>	ausente	presente

# Biologia Geral dos Procariotos

- Dividem-se em **Eubactérias** e **Arqueas (Archaeas)**
- Microrganismos de maior sucesso na Terra (em termos de número de indivíduos);
  - existem cerca de 4.000 espécies conhecidas e estima-se que há 400.000 a 4 milhões de espécies
- Viveram sozinhos na Terra por aproximadamente 2 bilhões de anos (ambientes hostis/extremos)
- Possuem papéis cruciais na biosfera (fixação biológica de N; fotossíntese;.....)

# Evolução dos organismos vivos



# Arquéias (Archaea) - Particularidades

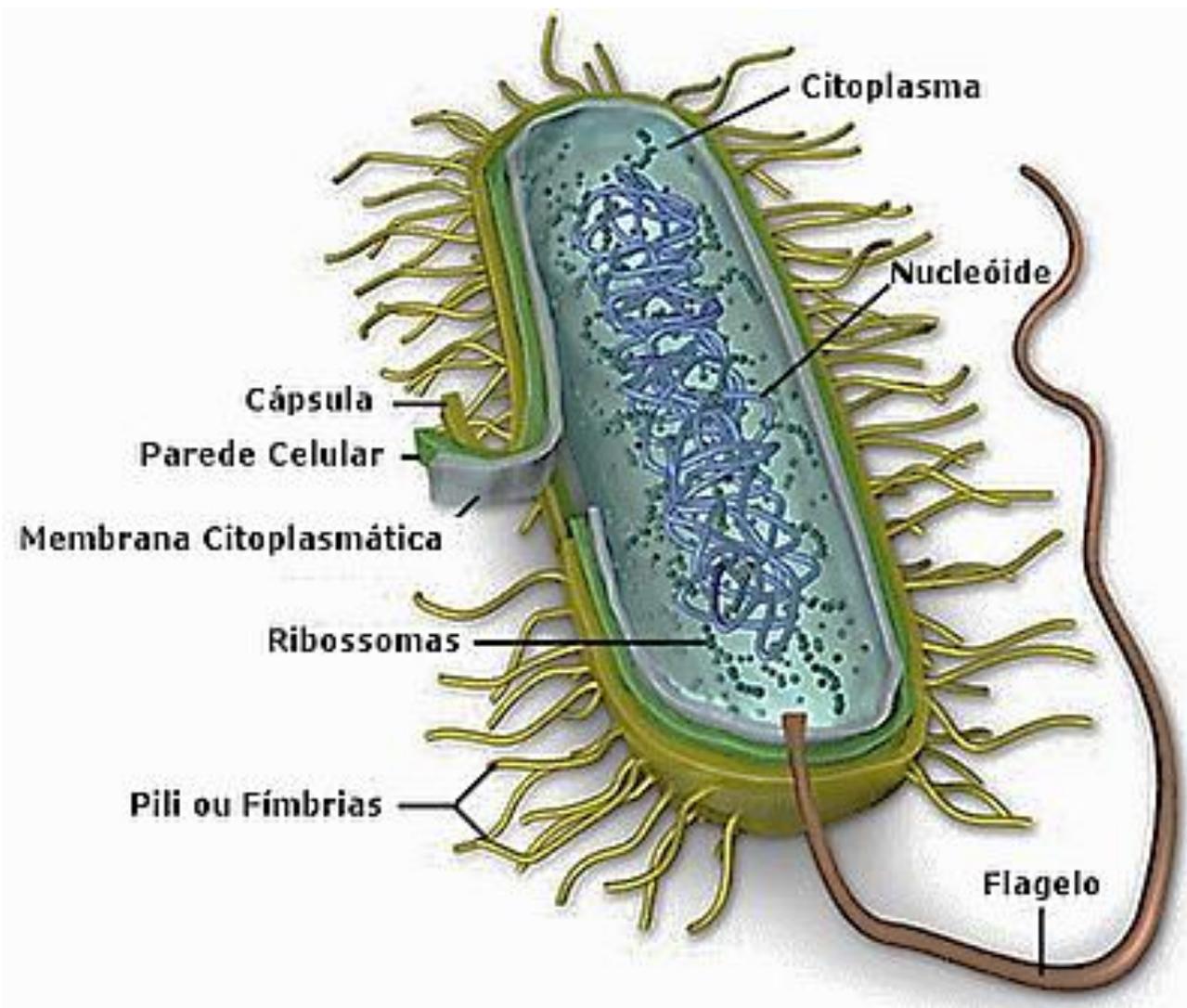
## Organismos geralmente extremófilos!

Sobrevivem em ambientes extremos, onde dificilmente há possibilidade de vida para outros seres.

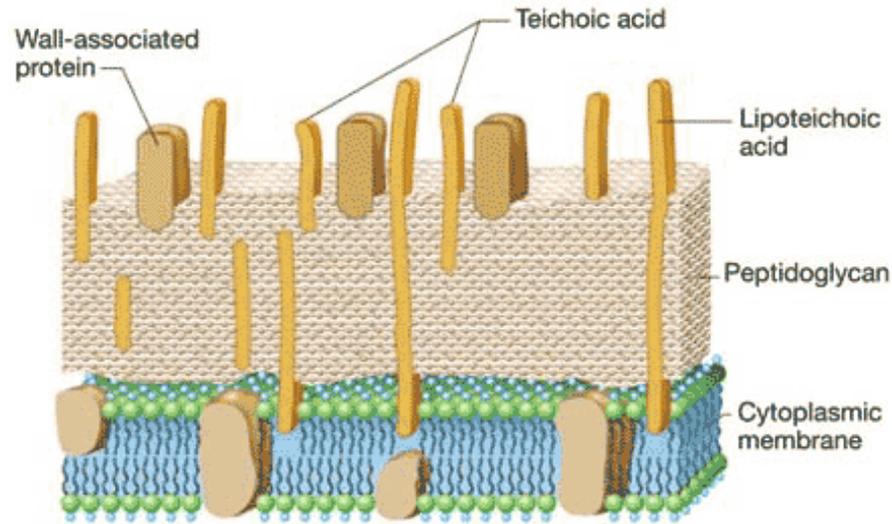
- Locais com altas temperaturas = 100°C (*Thermus aquaticus*)
  - Locais com baixas concentrações ou sem oxigênio
  - Locais com baixo pH
  - Lagos ou mares com salinidade altíssima
  - Fontes de enxofre, etc.
- 
- **Maquinaria genética mais similar a Eucariotos**
  - **Metabolismo de conversão de energia mais similar a Bactérias**



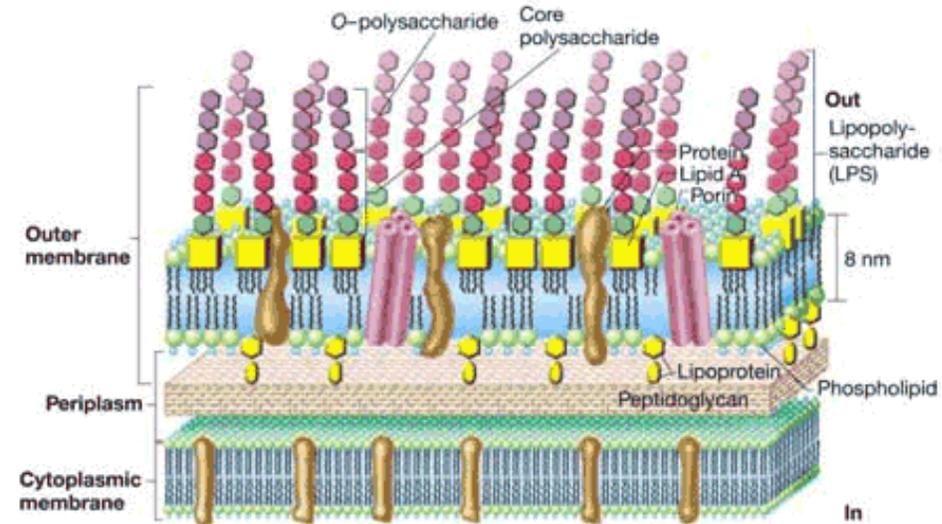
# Célula Procariótica Típica



# Gram Positivas x Gram Negativas



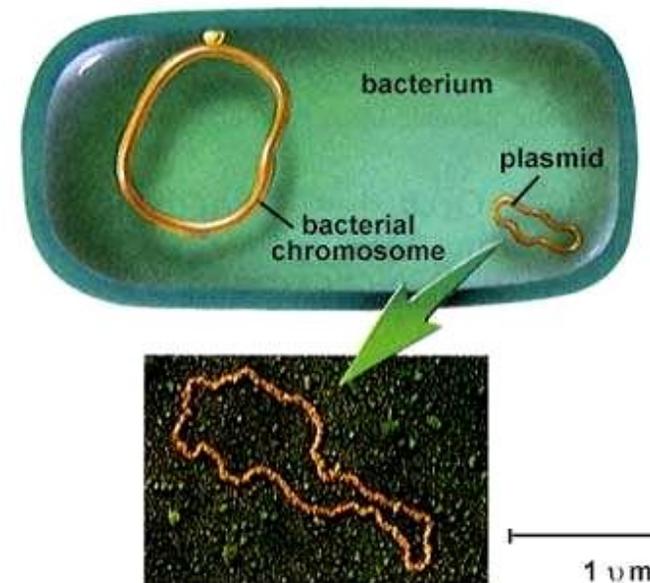
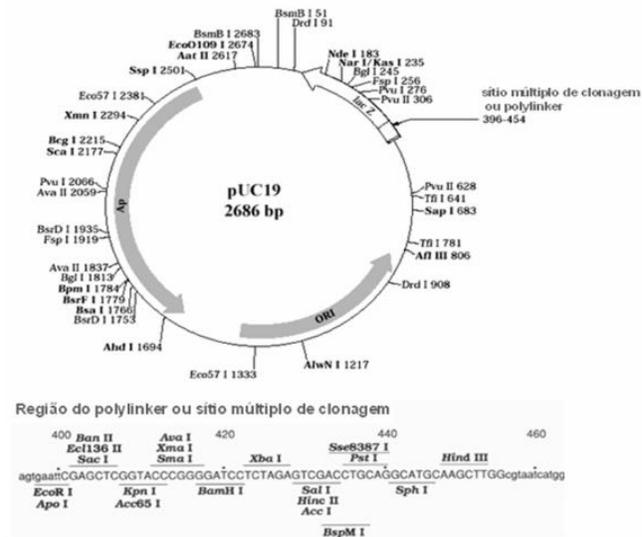
Gram positivas: 90 % da parede composta por **peptideoglicano** (até 20 camadas) 30-60 nm



Gram negativas: 10 % da parede composta de **peptideoglicano** (1-2 camadas) 2-3 nm

# Genoma de Procariotos

- Cromossomo é muitas vezes uma única molécula circular
- Podem apresentar plasmídeos (pequenos fragmentos de DNA circular e replicação autônoma) – DNA acessório
- Genoma pequeno e compacto (500 a 10000 genes)



Os plasmídeos são utilizados na Engenharia Genética!

Eucariotos: englobam animais, vegetais, fungos **uni**  
**e multicelulares**, protistas **unicelulares**, oomicetos



**Protista**



**Fungi**

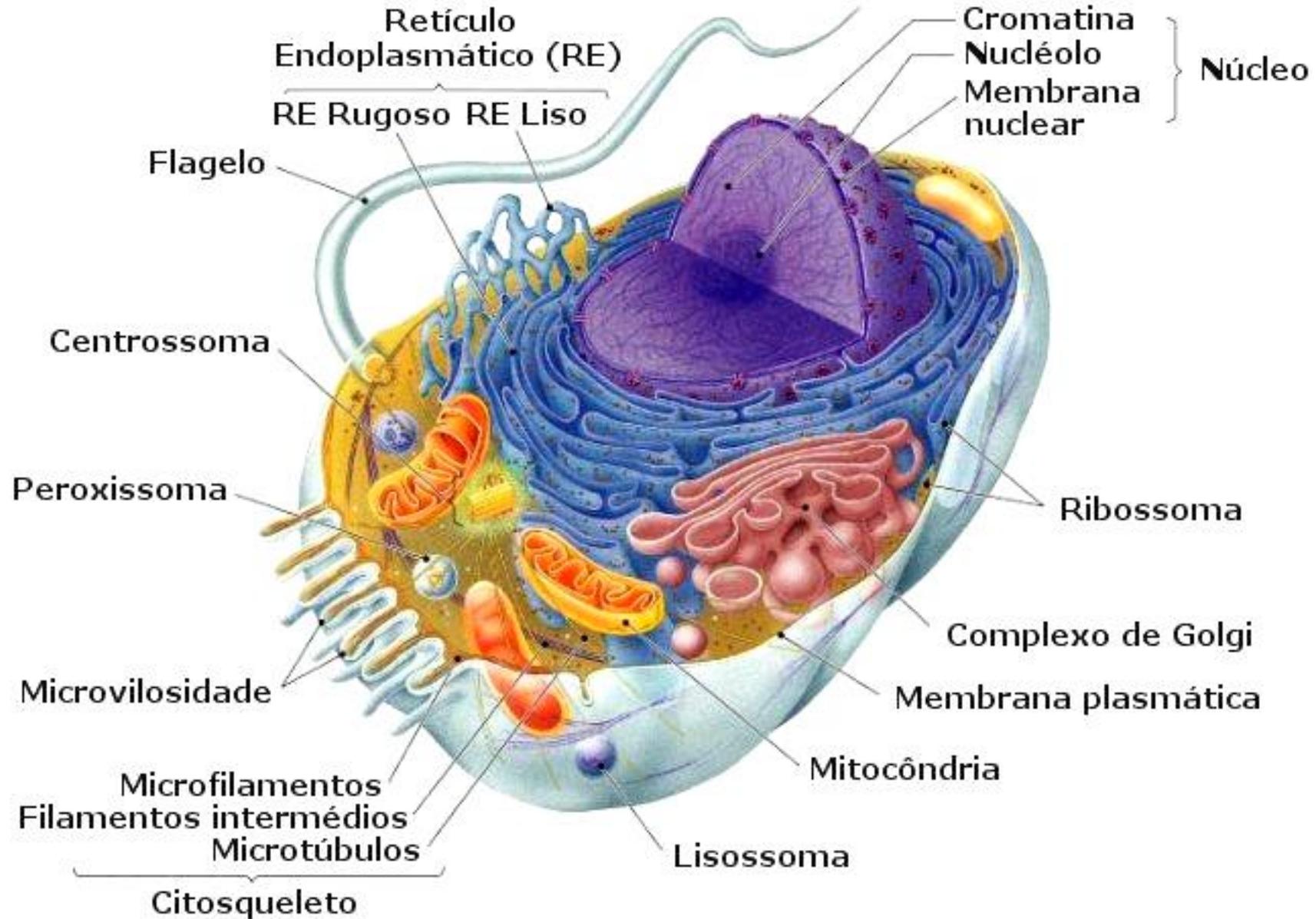


**Plantae**

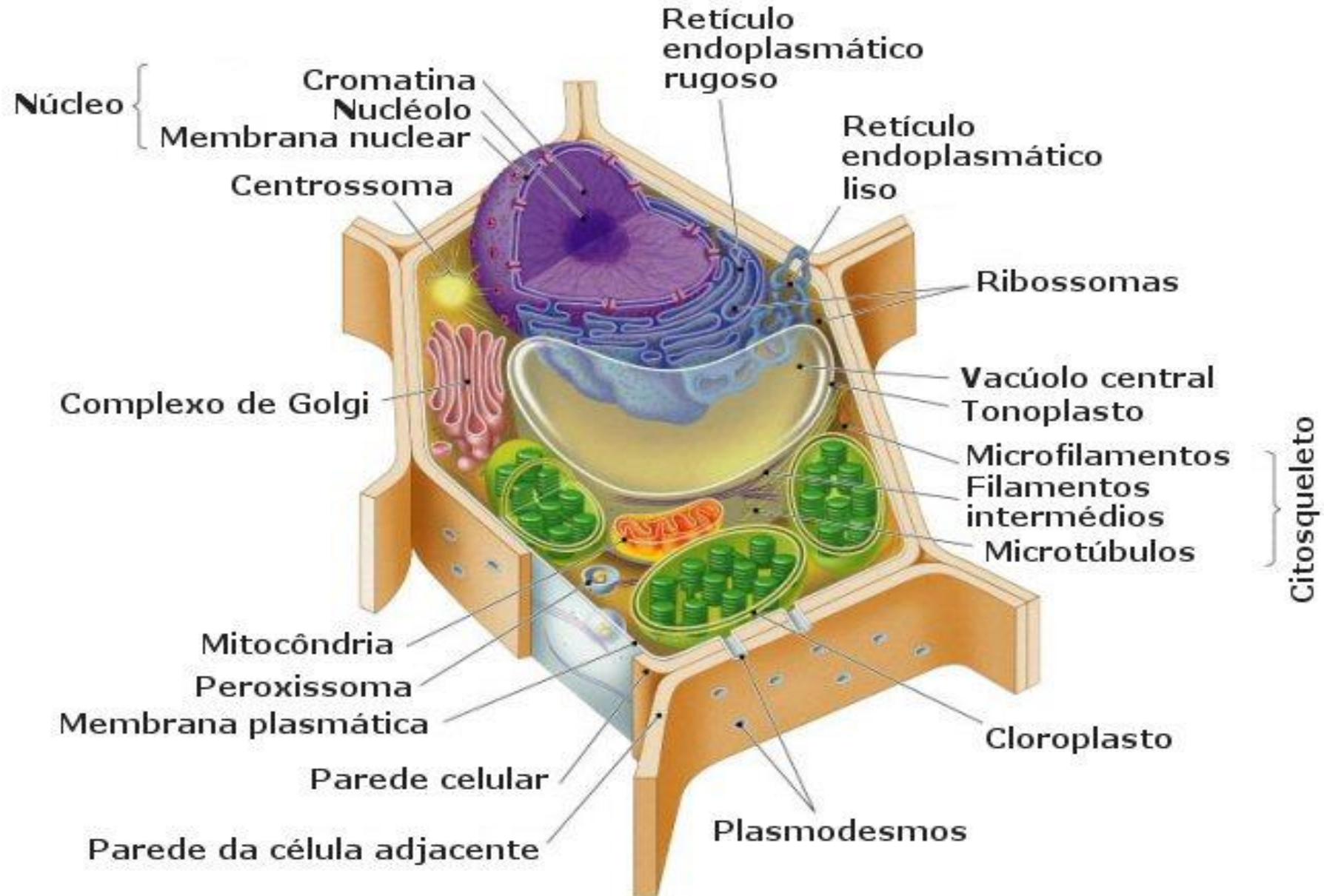


**Animalia**

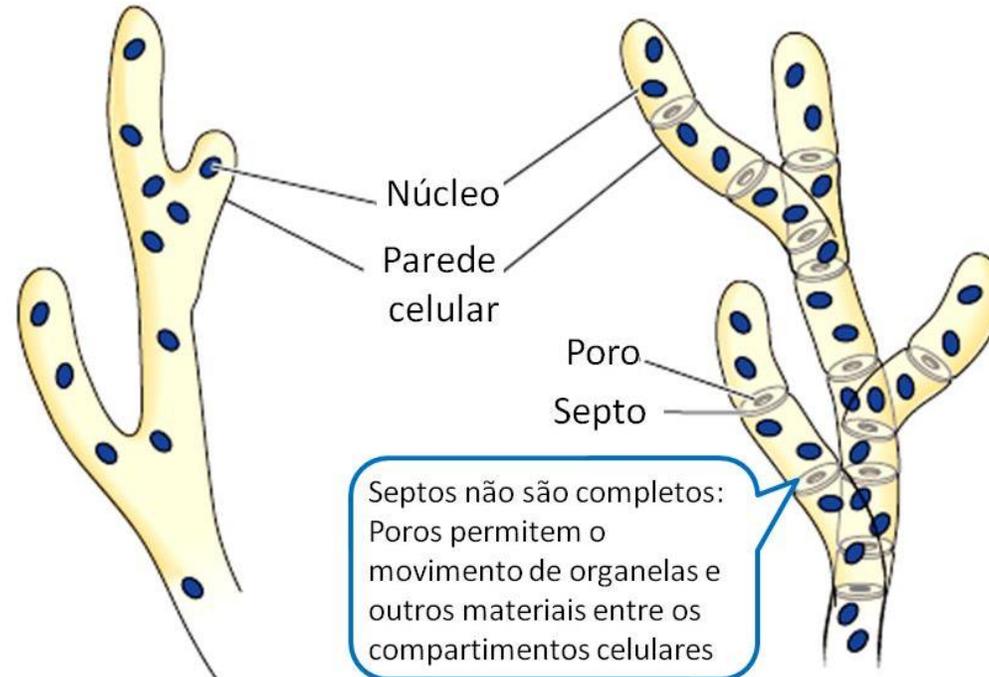
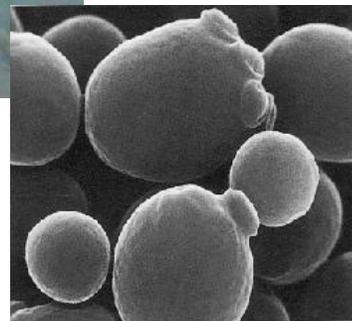
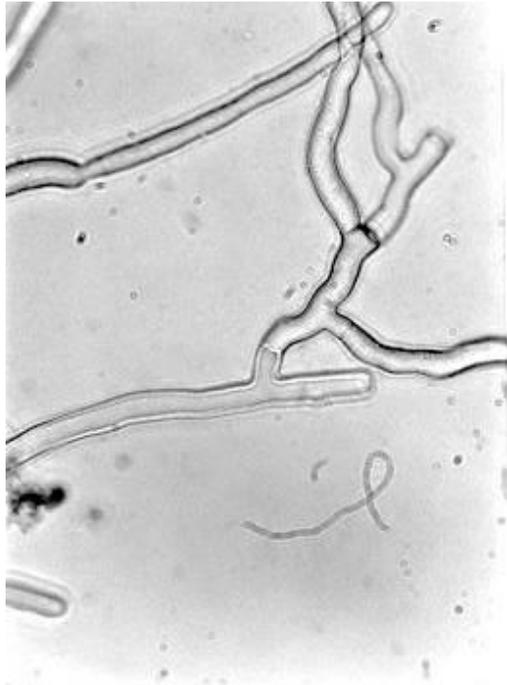
# Células Eucarióticas - Animal



# Células Eucarióticas - Vegetais



# Fungos

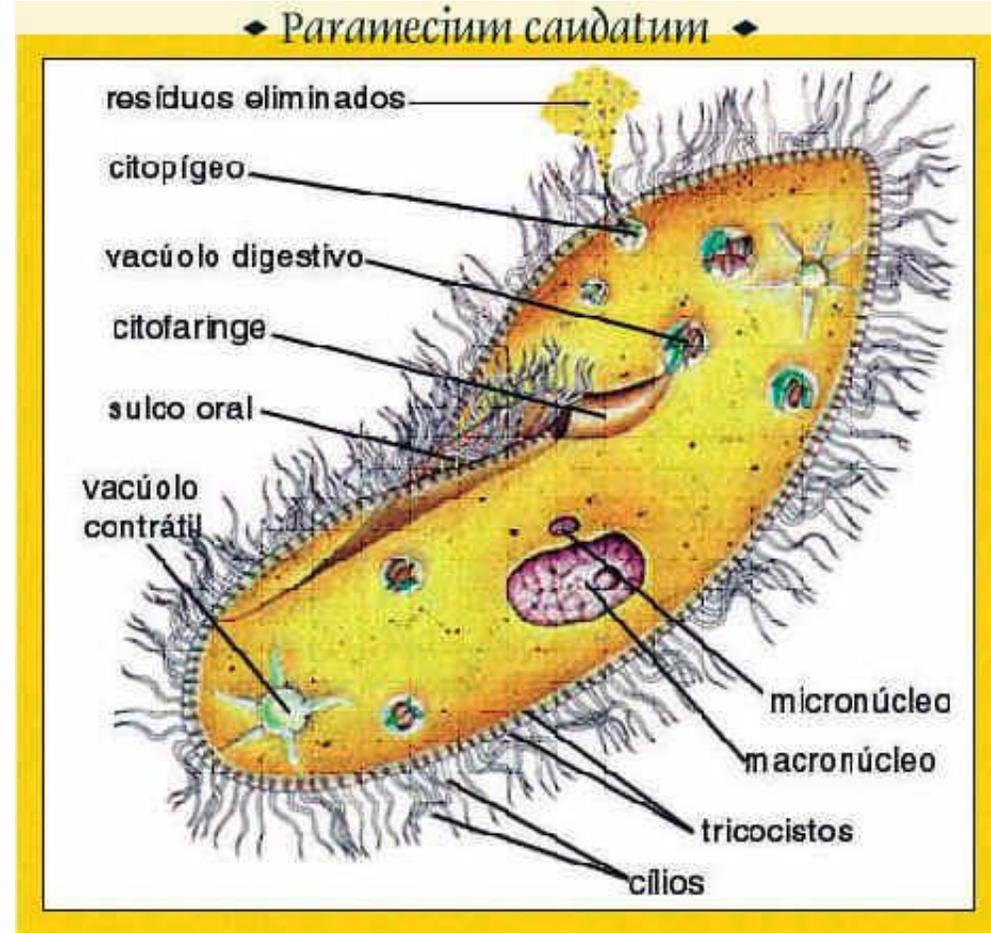


Hifa cenocítica

Hifa septada

**HÁ TAMBÉM OS FUNGOS UNICELULARES!!**

# Protozoários



# Organização dos eucariotos (De Roberts et al. 2003)

Principais componentes	Subcomponentes	Função principal
<b>Membrana celular</b>	Parede celular Cobertura celular Membrana plasmática	Proteção/estrutura Interações celulares Permeabilidade, endo e exocitose
<b>Núcleo</b>	Cromossomos Nucléolo	Genes Síntese dos ribossomos
<b>Citoplasma</b>		
Citossol	Enzimas solúveis Ribossomos	Glicólise Síntese proteica
Citoesqueleto	Microtúbulos e Microfilamentos	Forma e mobilidade celular
Organelas microtubulares	Centrômeros e centríolos Corpúsculos basais e cílios	Divisão celular Motilidade celular
Sistema de endomembranas	Membrana nuclear Retículos endoplasmático Complexo de Golgi Endossomos e lisossomos	Permeabilidade nuclear Síntese e processamento Secreção Digestão
Organelas de membrana	Mitocôndria Cloroplasto Perixossomo	Síntese de ATP Fotossíntese Proteção

# Células de procariotos

Estruturas exteriores	
Parede celular	<b>Presente (proteína-polissacarídeo)</b>
Membrana celular	<b>Presente</b>
Flagelo	Pode estar presente
Estruturas interiores	
Retículo Endoplasm.	Ausente
Ribossomos	<b>Presente</b>
Microtúbulos	Ausente
Centríolos	Ausente
Complexo de Golgi	Ausente
Núcleo	Ausente
Mitocôndria	Ausente
Cloroplastos	Ausente
Cromossomo	<b>Presente (muitas vezes único e circular)</b>
Lisossomos	Ausente
Vacúolos	Ausente
Peroxisomos	Ausente

# Células de eucariotos

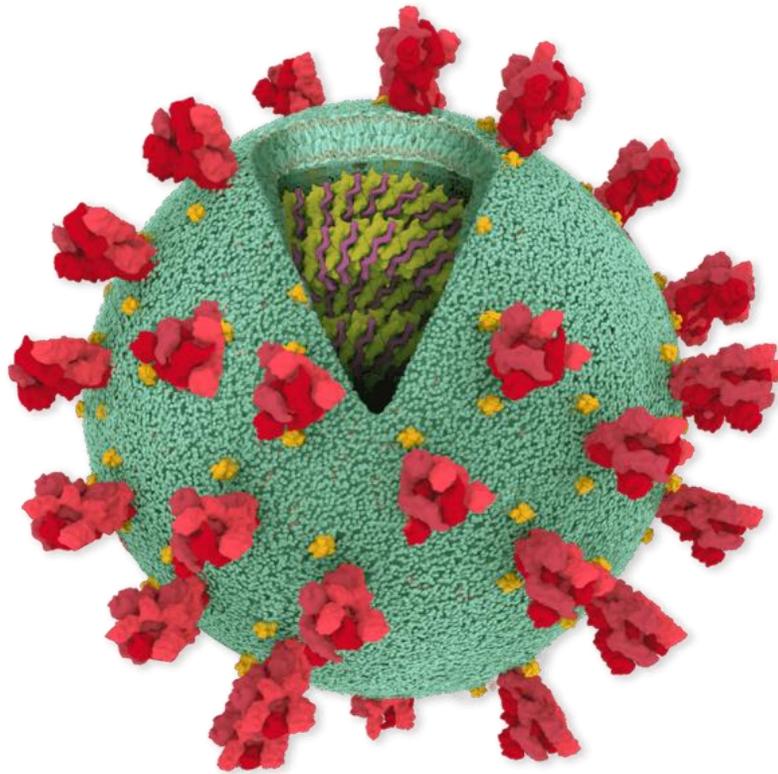
<b>Estruturas exteriores</b>	
Parede celular	Pode estar presente (celulose, lignina, pectina, quitina...)
Membrana celular	<b>Presente</b>
Flagelo	Pode estar presente
<b>Estruturas interiores</b>	
Retículo Endoplasmático	<b>Presente</b>
Ribossomos	<b>Presente</b>
Microtúbulos	<b>Presente</b>
Centríolos	Pode estar presente (animais)
Complexo de Golgi	<b>Presente</b>
Núcleo	<b>Presente</b>
Mitocôndria	<b>Presente</b>
Cloroplastos	Pode estar presente (plantas)
Cromossomo	<b>Presente</b>
Lisossomos	Pode estar presente (animais)
Vacúolos	Pode estar presente (plantas, fungos e protistas)
Peroxisossomos	<b>Presente</b>

Estruturas exteriores		Eucariotos	Procarioto
Tamanho da célula	5 – 100 µm		0,1 – 1 µm
Parede celular	Pode estar presente (celulose, lignina, pectina, quitina, alginato, principalmente)		Pode estar presente (peptídeoglicana, pseudopeptídeoglicana)
Membrana celular	Presente		Presente
Locomoção	Flagelos ondulantes/cílios/movimento amebóide		Flagelo rotativo/cílios/deslizamento
Estruturas interiores			
Localização dos cromossomos	Núcleo com membrana		Nucleóide sem membrana
Cromossomo	Linear		Muitas vezes único e circular
DNA extracromossômico	Mitocondrial e Cloroplastidial		Plasmídeos
Ribossomos	Presente (40 e 60S/80S)		Presente (30 e 50S/70S)
Microtúbulos/centrossomo	Presente (centríolos em células animais)		Ausente
Complexo de Golgi/ Retículo Endoplasmático	Presente		Ausente
Vacúolos	Pode estar presente		Ausente
Mitocôndria	Presente (respiração)		Ausente (respiração na membrana)
Cloroplastos	Pode estar presente (plantas)		Ausente
Lisossomos	Pode estar presente (animais)		Ausente
Peroxisossomos	Presente		Ausente

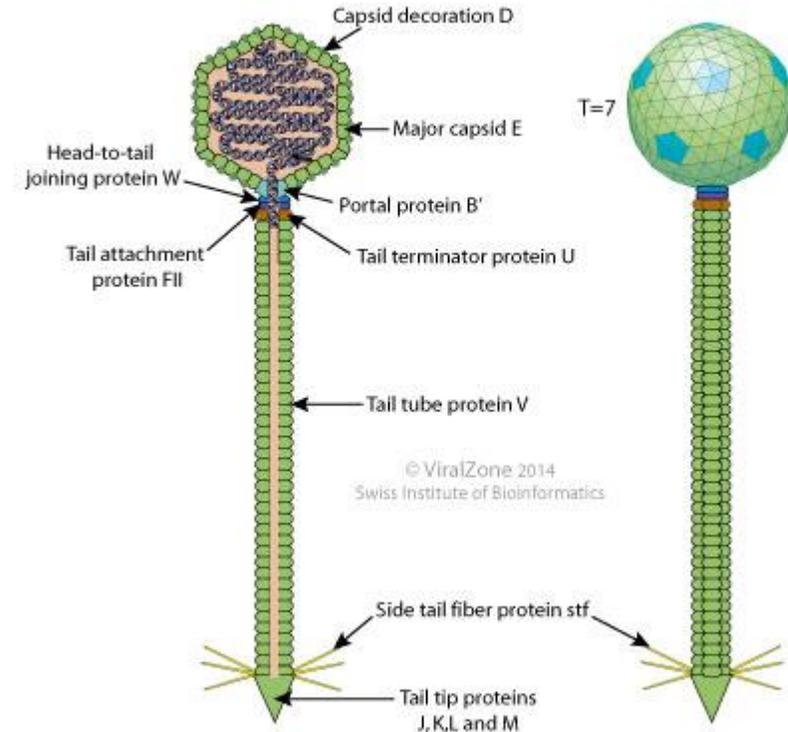
E os vírus?

- E as rickettsias, clamídeas  
(procariotos incompletos)  
distinções de DNA/RNA  
membrana, e maquinaria

# E os vírus?

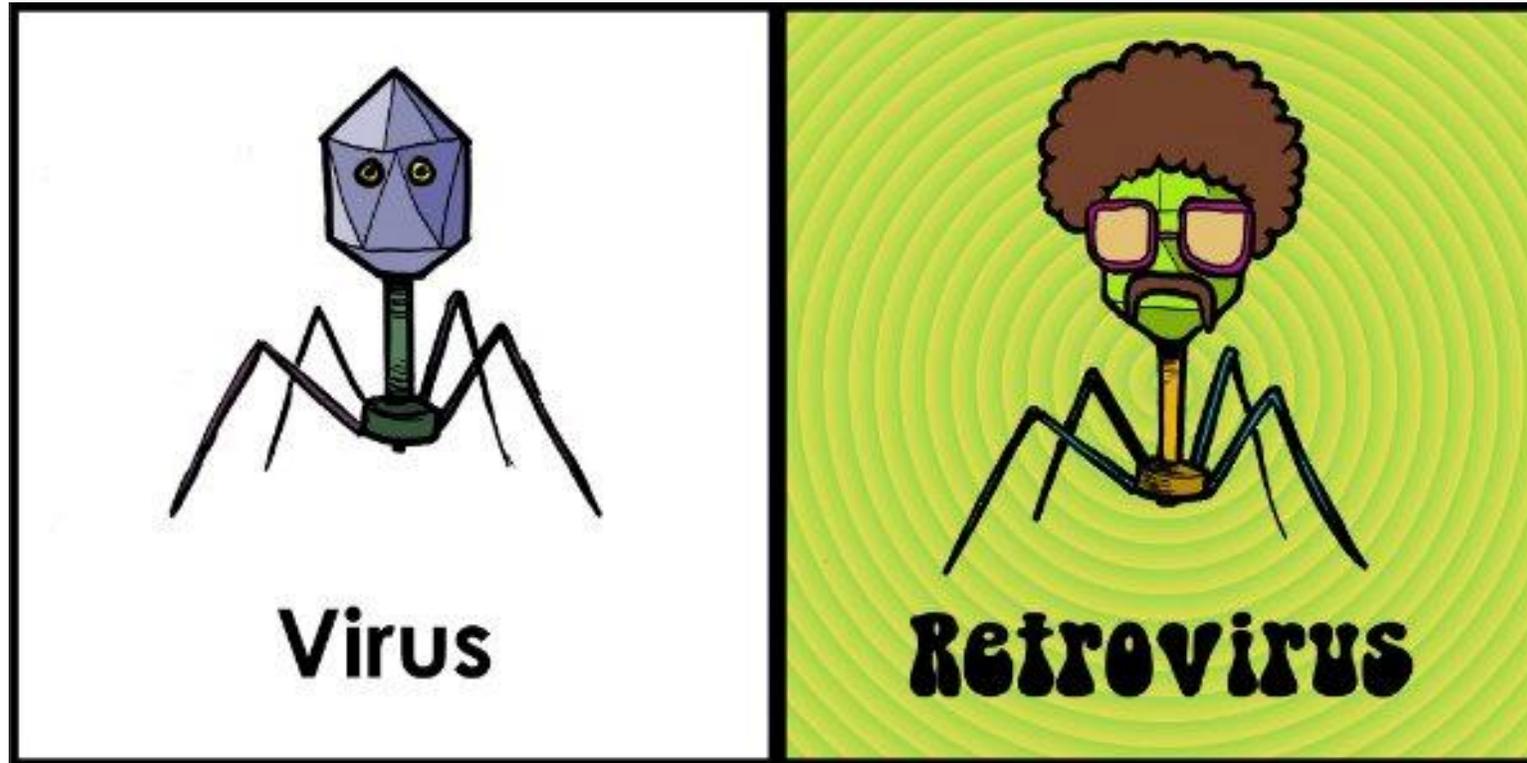


Enterobacteria phage  $\lambda$



Os vírus estão vivos?

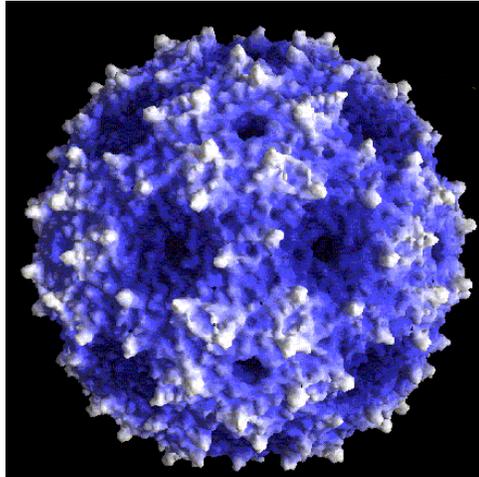
# Diversidade no material genético dos vírus



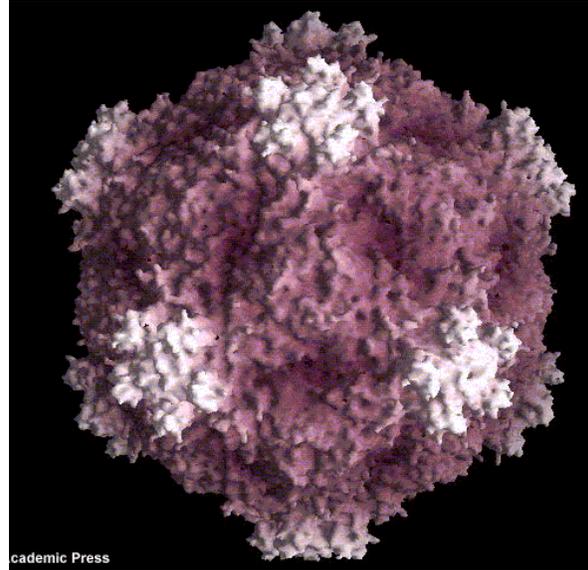
DNA

RNA

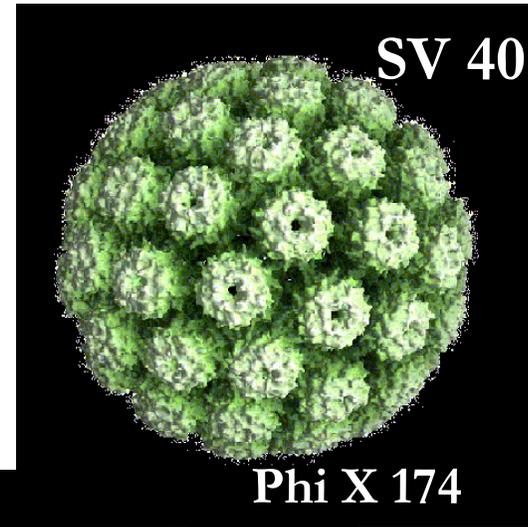
# Formas Virais



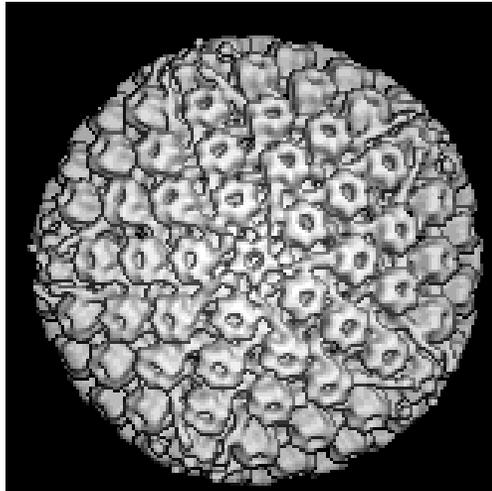
Bacteriófago



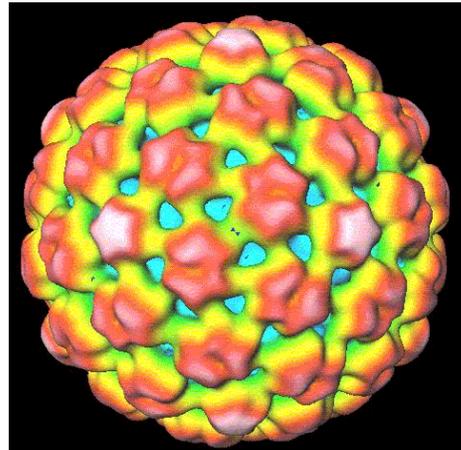
Vírus do mosaico do feijão



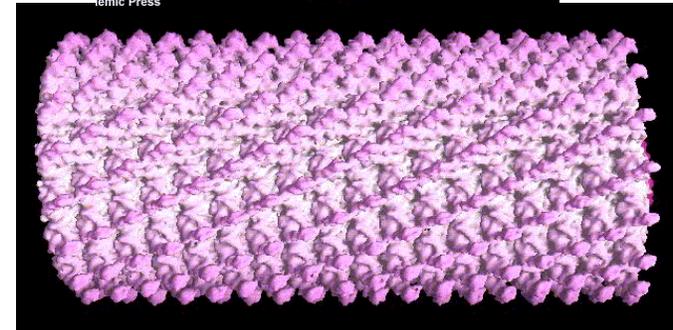
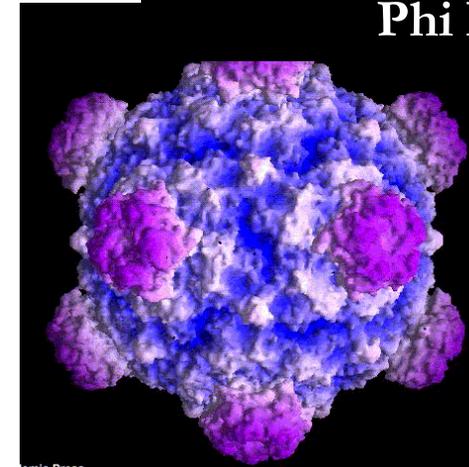
Phi X 174



Herpesvirus



Vírus do mosaico da  
couve-flor



Vírus do mosaico do pepino

# Origem dos Vírus

## Hipóteses sobre a origem dos vírus

- Progressiva ou escape
- Regressiva ou redutiva
- Vírus original (*virus-first*)

**Livro:**

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. 2011. ***Fundamentos da Biologia Celular***. 3ª Edição brasileira. Artmed, Porto Alegre

**CAPÍTULO 1 – Introdução a Célula**

[https://www.google.com.br/books/edition/Fundamentos\\_da\\_Biologia\\_Celular\\_4\\_ed/B\\_wnDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1](https://www.google.com.br/books/edition/Fundamentos_da_Biologia_Celular_4_ed/B_wnDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1)

# Estudo Dirigido

1. Diferenças entre Eucariotos e Procariotos
2. Estrutura da célula de procarioto
3. Diferenças entre Bactérias e Archeas
4. Estrutura da célula de eucarioto
5. Função das organelas em eucariotos
6. Virus – definições e origens