

# Estrutura e função celular em bactérias e Archaea

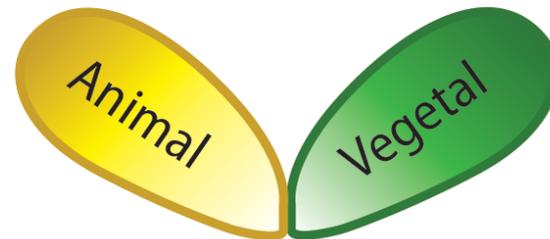
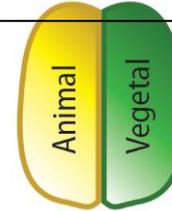
Prof. Everlon Cid Rigobelo

# **Posição dos Microrganismos na Árvore da Vida**

## **Morfologia e Citologia de Procariotos**

# A classificação dos Microrganismos (Taxonomia)

- Aristóteles (~350 aC): Plantas e animais
- Nos séculos XVII e XVIII os botânicos e zoólogos começaram a delinear o atual sistema de categorias, ainda baseados em características anatômicas superficiais.
- Carl Linaeus (1758) criou a hierarquia atual (táxons):
  - classe, ordem, gênero, espécie e variedade.
  - Sistema binomial
- Em 1767, com a descoberta dos microrganismos, sugeriu-se:
  - Protozoários: Reino Animal
  - Outros: Reino Vegetal



- Muitos seres simples não se encaixavam na divisão Plantas x Animais

Em 1866 Haeckel propôs o 3º Reino e o conceito de “árvore da vida”

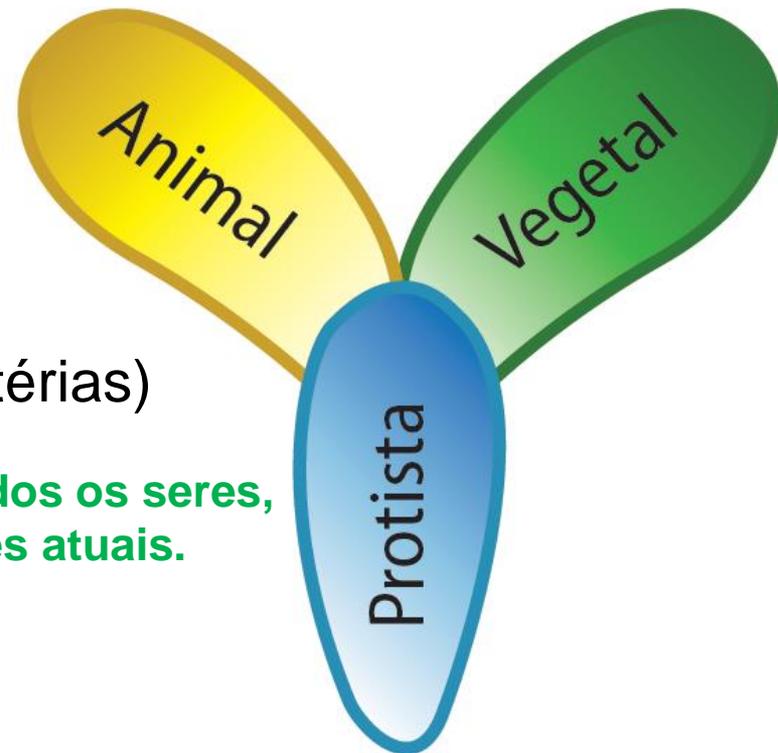
Animal

Vegetal

**Protista** (unicelulares)

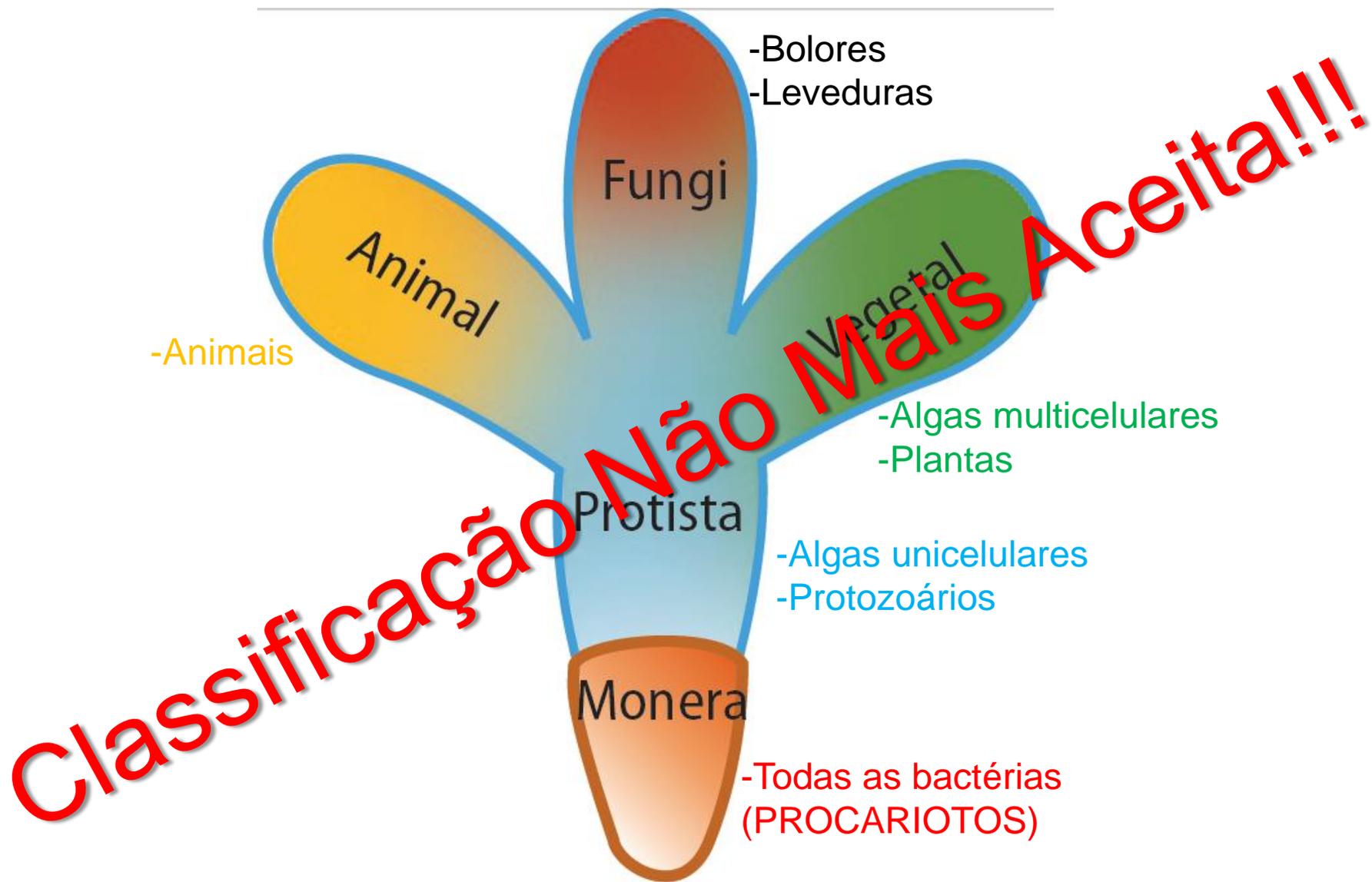
(algas, fungos, protozoários e bactérias)

Postulou ainda uma origem comum para todos os seres, concordando com as evidências moleculares atuais.



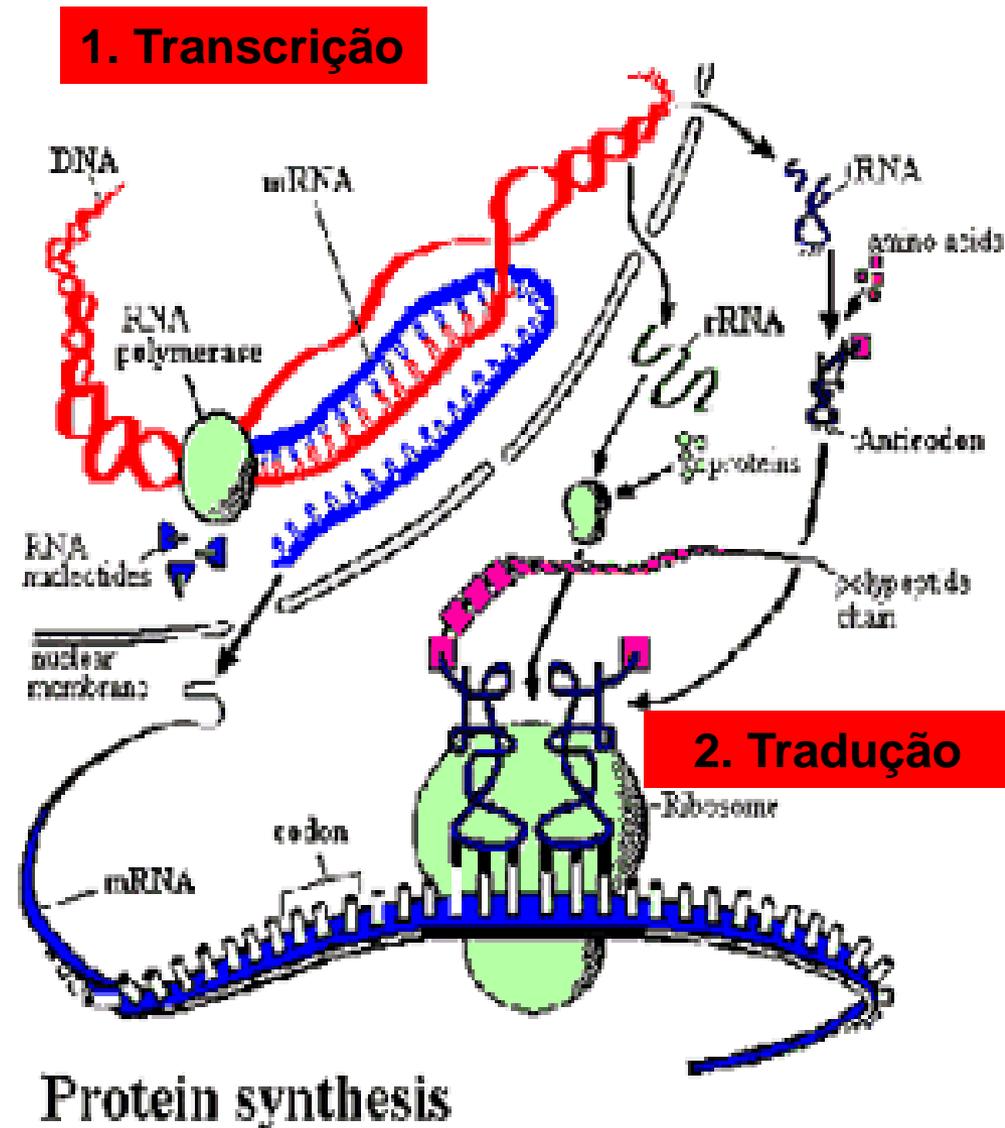
- **Advento do microscópio eletrônico (1940):**
  - detalhes da ultra-estrutura das células
- **Procariotos x Eucariotos (1960)**
- **Whittaker propõe os 5 Reinos (1969)**
- tipo de célula: **procariótica x eucariótica**
- organização celular: **unicelular x pluricelular**
- nutrição: **Fotossíntese x Absorção x Ingestão**

# Classificação dos Organismos Vivos Segundo Whittaker (1969)



# Classificação dos Organismos Vivos Segundo Woese (1977)

- 1970-1980: Carl Woese estuda o gene da subunidade 16S ou 18S do RNA ribossômico:
- rRNA contém os genes mais conservados em todas as células –  
"CRONÔMETRO EVOLUCIONÁRIO"

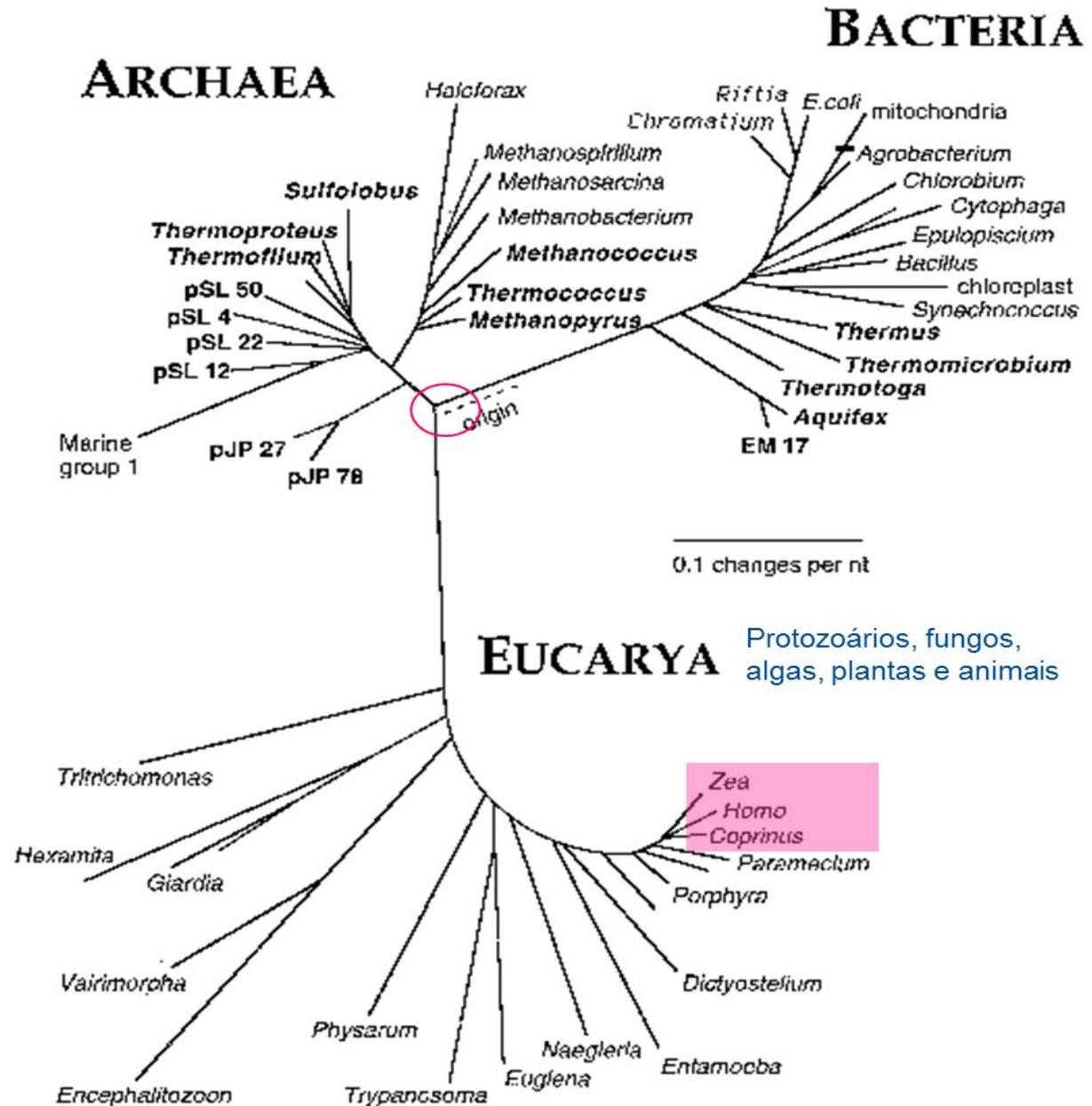


# Classificação dos Organismos Vivos Segundo Woese (1977)

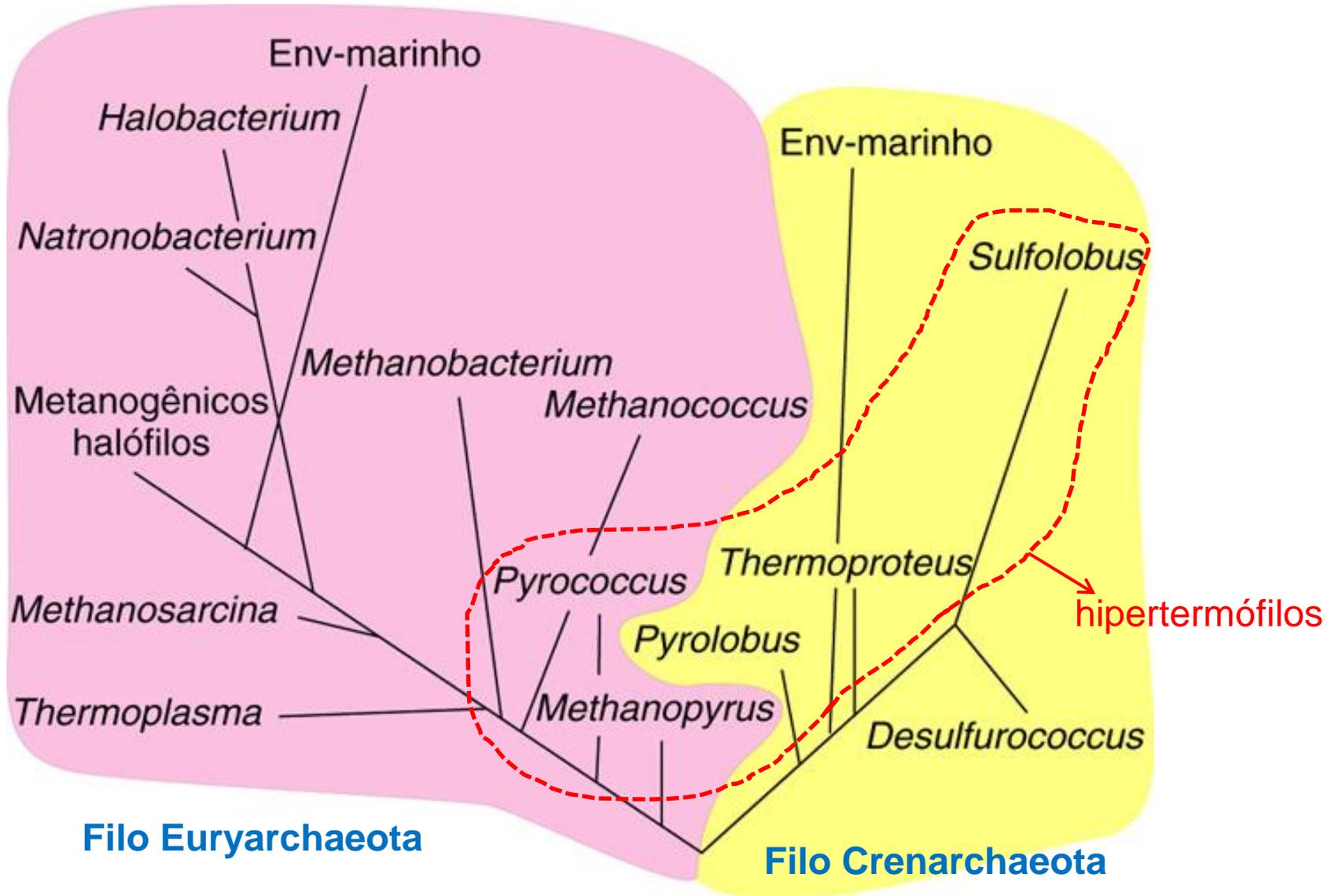
A análise genética levou a propor o estabelecimento dos **super-reinos ou domínios**

1977-1980:  
nova árvore da vida

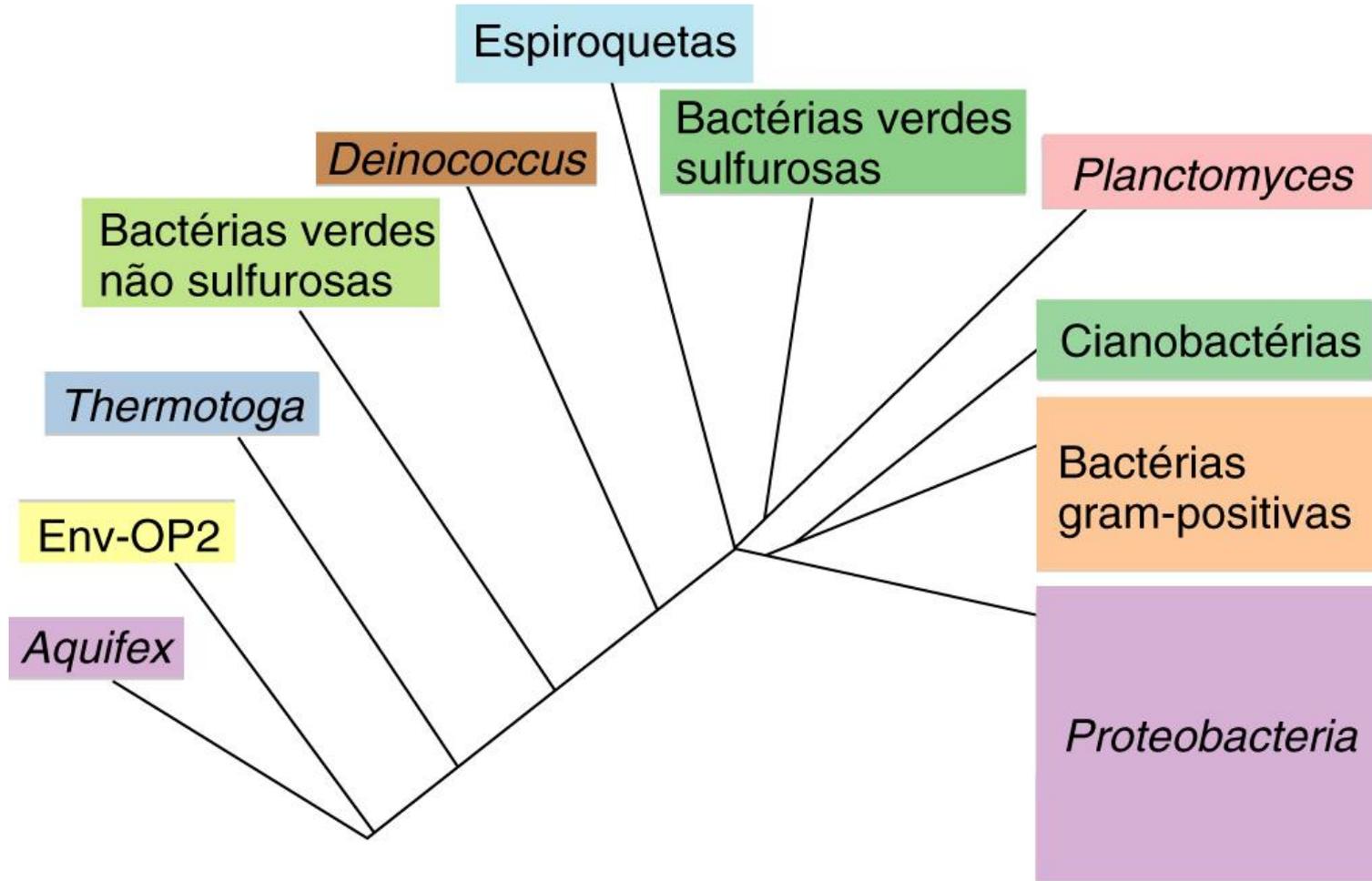
**Maior diversidade genética é microbiana**



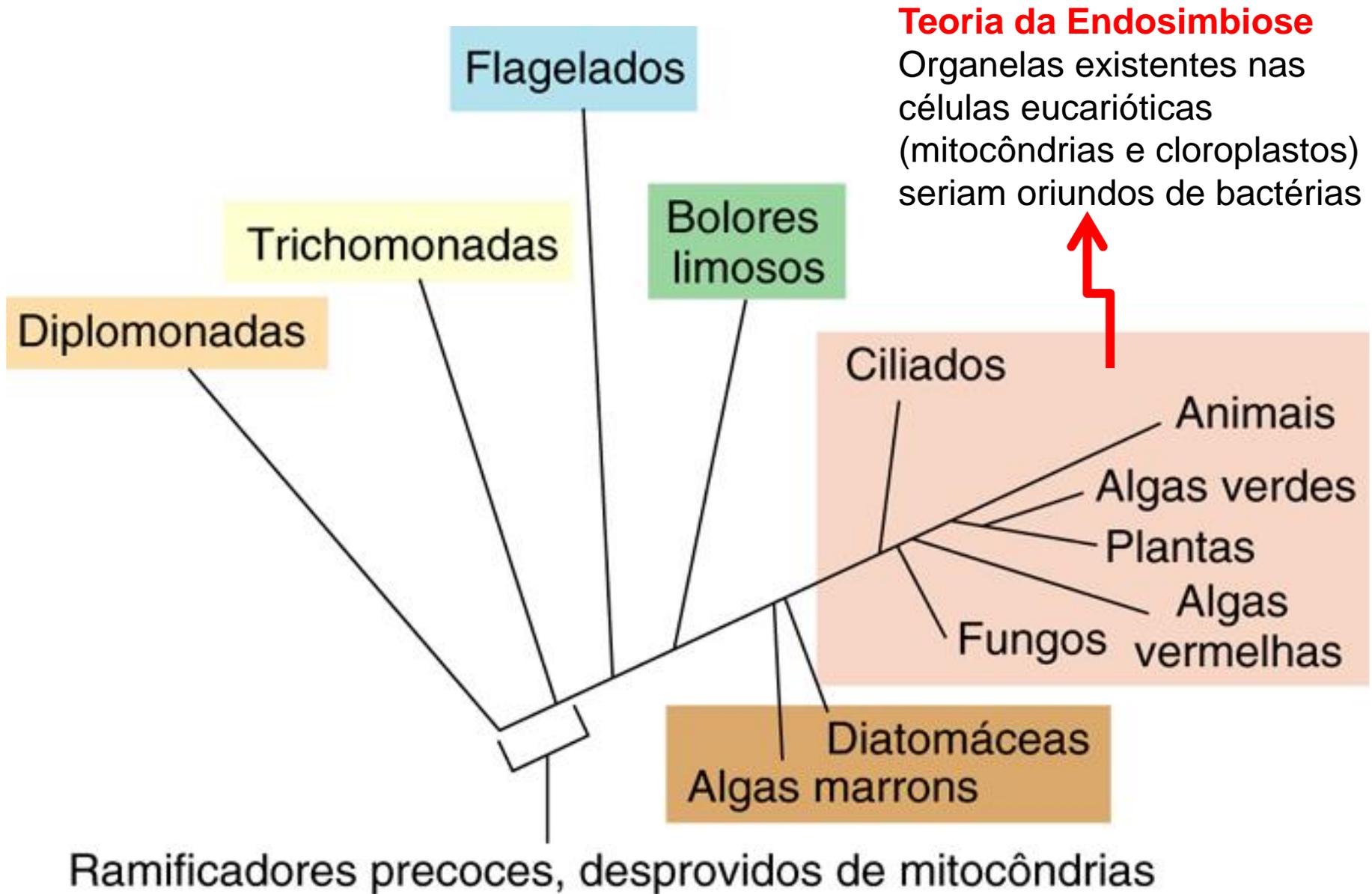
# Domínio Archaea



# Domínio *Bacteria*



# Domínio *Eukarya*



# Nomenclatura Binomial

---

Atribuição de nomes científicos às espécies.

- Formado por duas palavras – o nome do gênero e o restritivo específico (adjetivo que qualifica o gênero)

Ex:

*Escherichia coli* ou Escherichia coli

nome homenageia Theodor Escherich,

coli: lembra que habita o cólon humano ou intestino grosso.

*Staphylococcus aureus* ou Staphylococcus aureus

Staphylo (tipo de agrupamento) + coccus (forma esférica)

aureus (cor de ouro).

*Staphylococcus* sp.

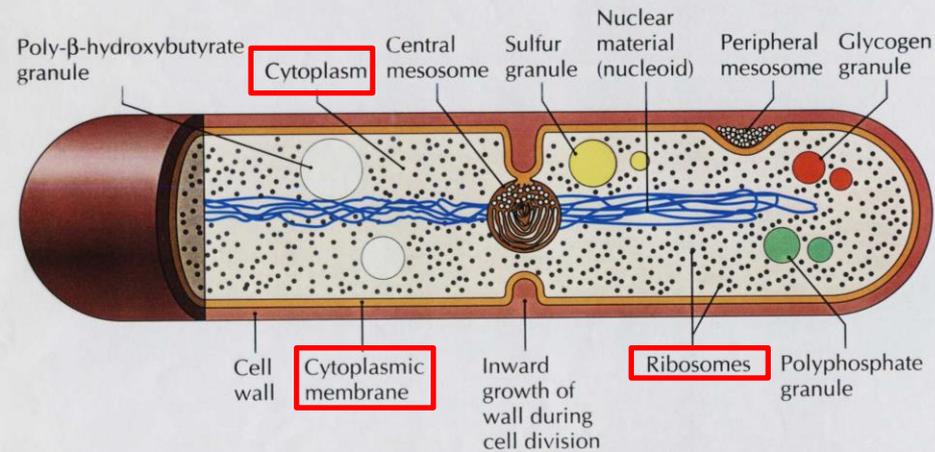
*Staphylococcus* spp.

# Morfologia e Citologia de Procariotos

## Celula procariótica

18 Major structures in a bacterial cell

FIGURE 4.26, p. 127



## Celula eucariótica

Membrana citoplasmática

Reticulo endoplasmático

Ribossomos

Núcleo

Nucléolo

Membrana nuclear

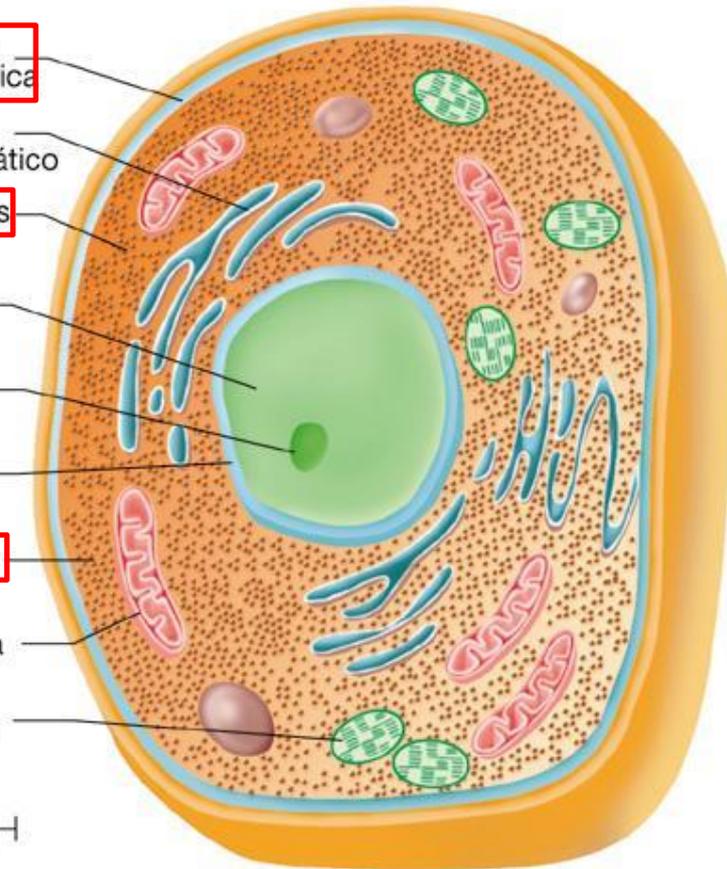
Citoplasma

Mitocôndria

Cloroplasto

10 μm

(b)



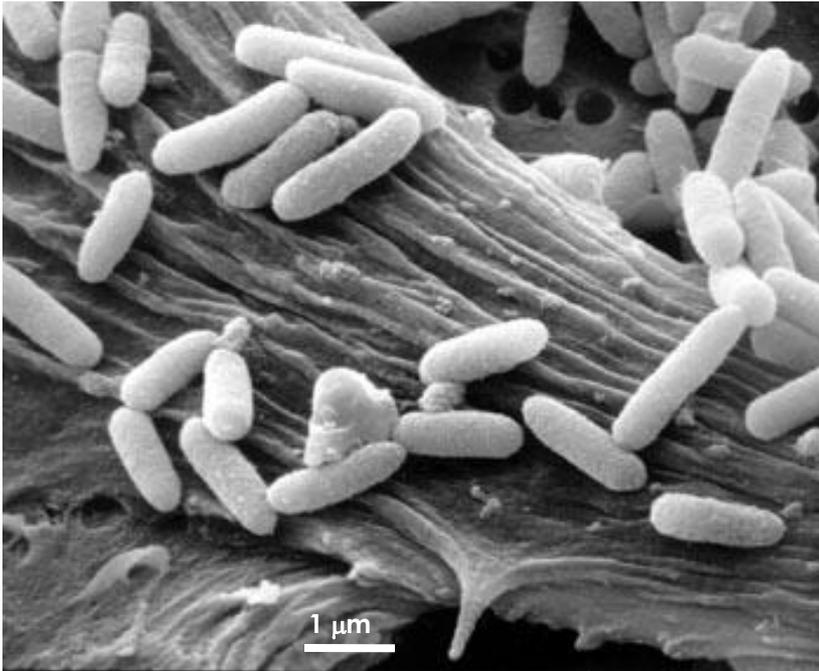
Propriedade	Procaríotos	Eucariotos
<b>Domínios</b>	Bacteria e Archae	Eukarya: algas, fungos, protozoários, plantas e animais
<b>Estrutura e função do núcleo</b>		
<b>Membrana nuclear</b>	ausente	presente
<b>DNA</b>	Molécula única, sem histonas, plasmídeos freqüentes	Presente em vários cromossomos, geralmente com histonas
Divisão	Sem mitose	Mitose, aparelho mitótico com fuso microtubular
Reprodução sexuada	Processo fragmentário, sem meiose, apenas porções são montadas	Processo regular, ocorrência de meiose, remontagem do genoma inteiro
<b>Estrutura e organização do citoplasma</b>		
<b>Membrana citoplasmática</b>	Geralmente sem esteróis	Esteróis geralmente presentes
Membranas internas	Relativamente simples, restritas a poucos grupos	Complexas, retículo endoplasmático, aparelho de Golgi
<b>Ribossomos</b>	70 S	80 S, exceto para os ribossomos, mitocôndrias e cloroplastos (70S)
<b>Organelas membranosas</b>	Ausentes	Várias
<b>Sistema respiratório</b>	Parte da membrana citoplasmática	Nas mitocôndrias
<b>Pigmentos fotossintetizantes</b>	Na membrana interna de clorossomas, cloroplastos ausentes	Em cloroplastos
<b>Parede celular</b>	Presente (maioria), composta de peptidoglicano, outros polissacarídeos, proteínas e glicoproteínas	Presente em plantas, algas e fungos; ausente nos animais, na maioria dos protozoários; geralmente polissacarídica
<b>Formas de motilidade</b>		
Movimento flagelar	Flagelos de dimensões sub- microscópicas, cada um composto de uma fibra de dimensão molecular; rotação	Flagelos ou cílios; dimensões microscópicas; compostos de microtúbulos; sem rotação
Movimento não flagelar	Deslizamento; ou através das vesículas de gás	Correntes citoplasmáticas e movimento amebóide; deslizante
<b>Microtúbulos</b>	ausentes	Comuns, presentes em flagelos, cílios, corpos basais, fuso mitótico, centríolos
<b>Tamanho</b>	Geralmente menores que 2 µm de diâmetro	Geralmente 2 a mais de 100 µm de diâmetro

# 1. Tamanho da Célula Procariótica

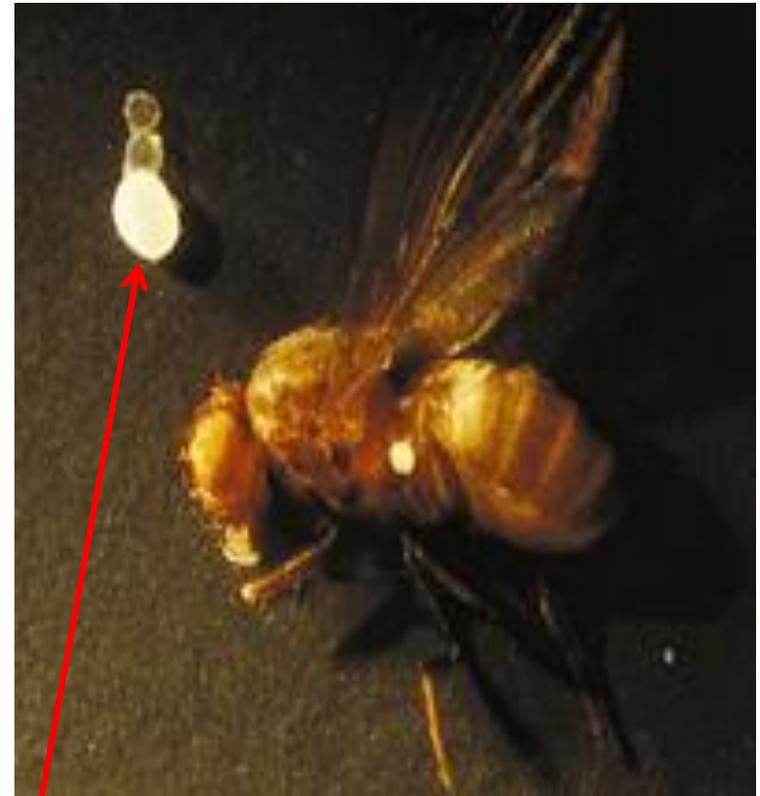
Unidade de medida:  $\mu\text{m}$  (micrômetro)

$1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$  (1/1000) ou  $1000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$

Tamanho variável:  $0,15 \mu\text{m} \longrightarrow 50 \mu\text{m}$  ( $0,0015 \text{ mm} - 0,05 \text{ mm}$ )

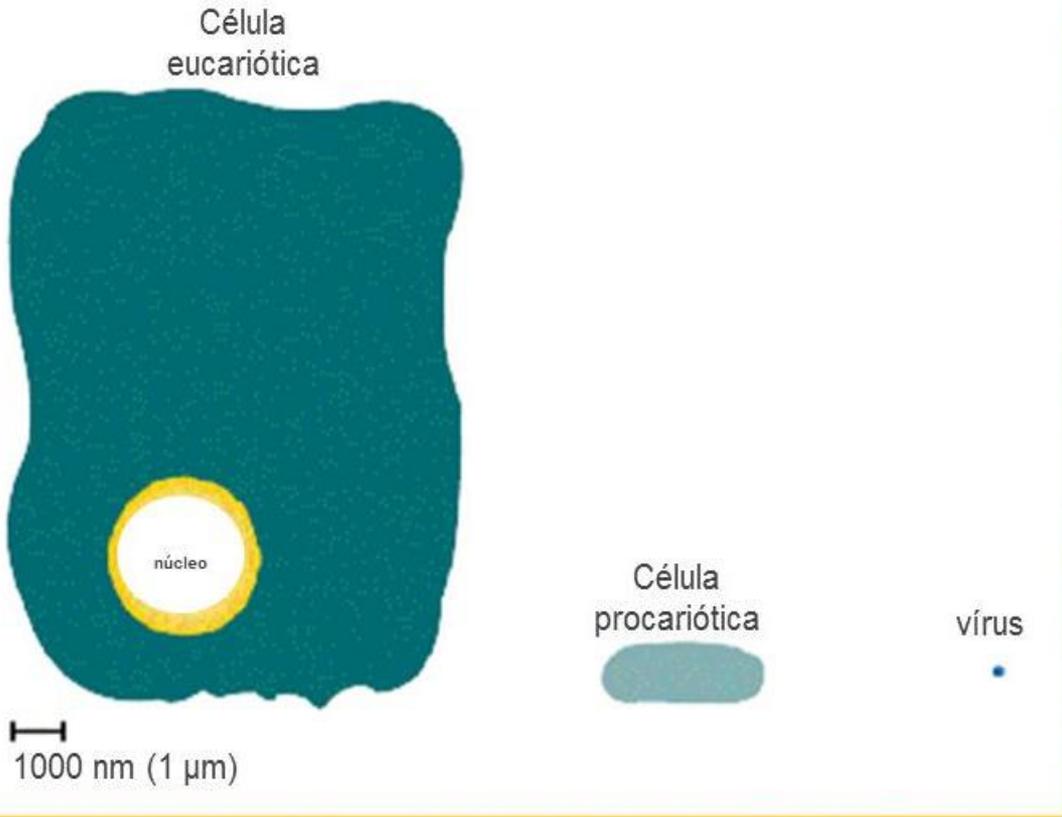


*Escherichia coli*:  $1 \times 3 \mu\text{m}$

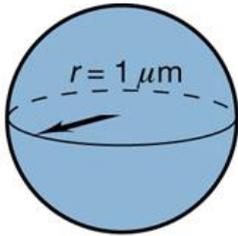


*Thiomargarita namibiensis*:  $\cong 750 \mu\text{m} !!$

# Tamanho da célula procariótica



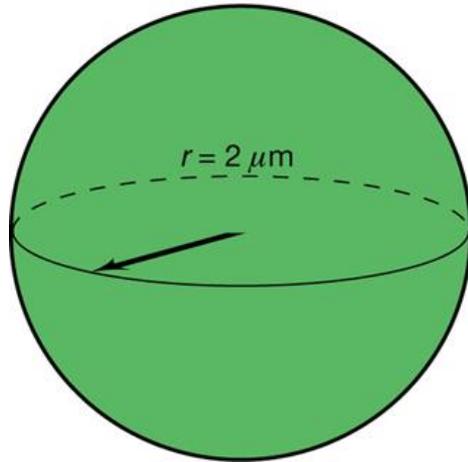
O pequeno tamanho dos procaríotos comparado aos eucariotos contribui para muitas características desses organismos:



$$\text{Área superficial } (4\pi r^2) = 12,6 \mu\text{m}^2$$

$$\text{Volume } \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) = 4,2 \mu\text{m}^3$$

$$\frac{\text{Superfície}}{\text{Volume}} = 3$$



$$\text{Área superficial} = 50,3 \mu\text{m}^2$$

$$\text{Volume} = 33,5 \mu\text{m}^3$$

$$\frac{\text{Superfície}}{\text{Volume}} = 1,5$$

## Relação superfície/volume

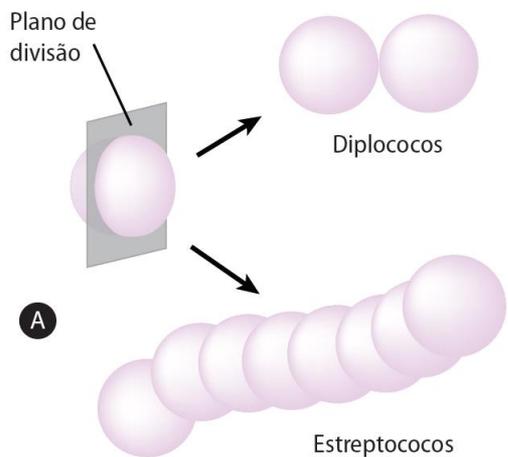
Madigan et al., 2010

- \* Nutrientes e dejetos são transportados para dentro e fora da célula via membrana citoplasmática.
- \* A velocidade desse transporte determina a velocidade metabólica e, portanto, a velocidade de crescimento das células
- \* Quanto menor o tamanho, maior é a relação entre a área superficial da membrana em relação ao volume e, portanto, maior é o potencial de crescimento.

# 2. Morfologia dos Procariotos

- Forma da célula: “a forma segue a função”
  - cocos
  - bacilos
  - vibriões
  - espirilos
  - espiroquetas
  - filamentosas
  - pedunculadas
- Arranjos
  - agrupamentos de indivíduos após a divisão
  - seguem um padrão uniforme
  - significado para a identificação

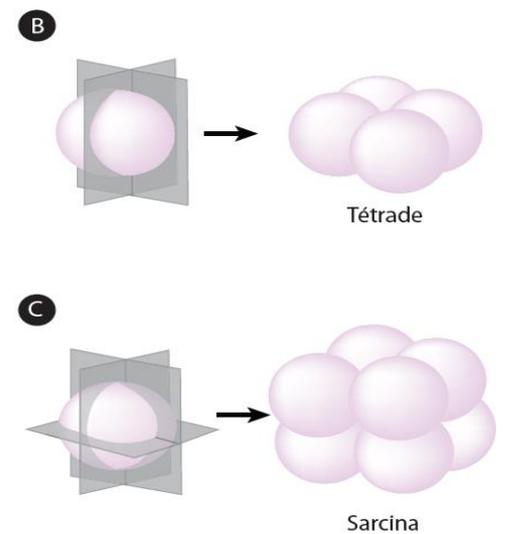
# Morfologia dos procariotos: Arranjos de Cocos



MEV 2 μm



MEV 3 μm

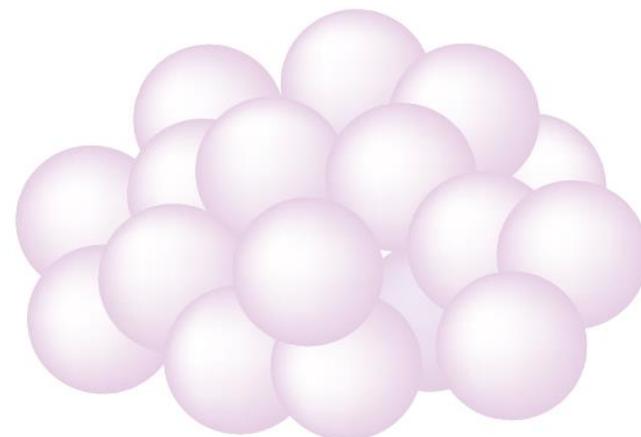


MEV 0,1 μm

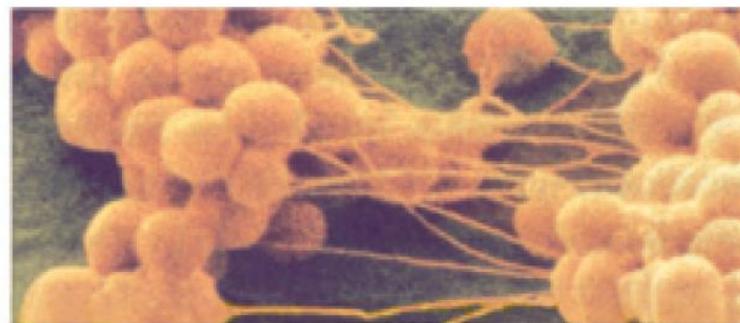


MEV 2 μm

D

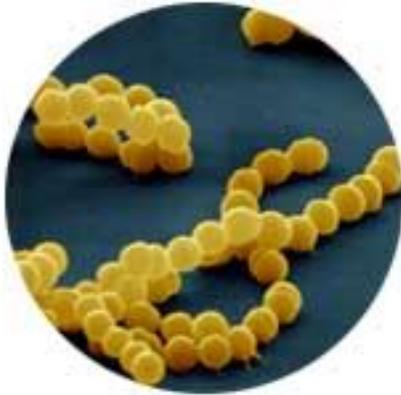


Estafilococos



MEV 2 μm

# Morfologia dos procariotos: Arranjos de Cocos



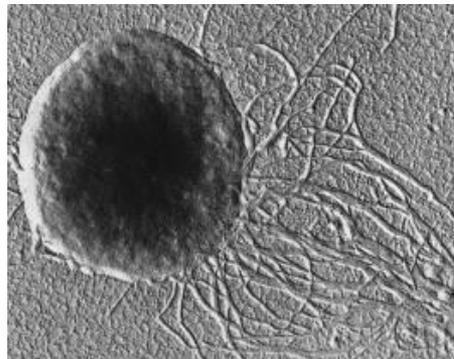
*Streptococcus*



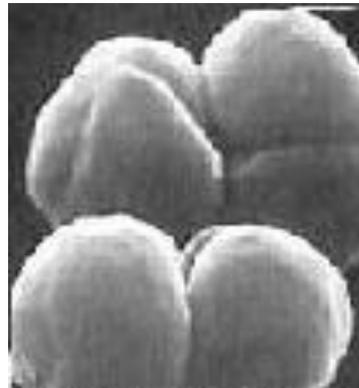
*Neisseria gonorrhoeae*



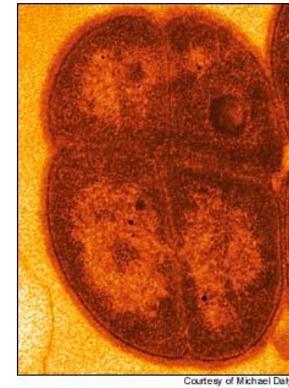
*Staphylococcus*



*Methanococcus*



*Methanosarcina*



*Deinococcus*

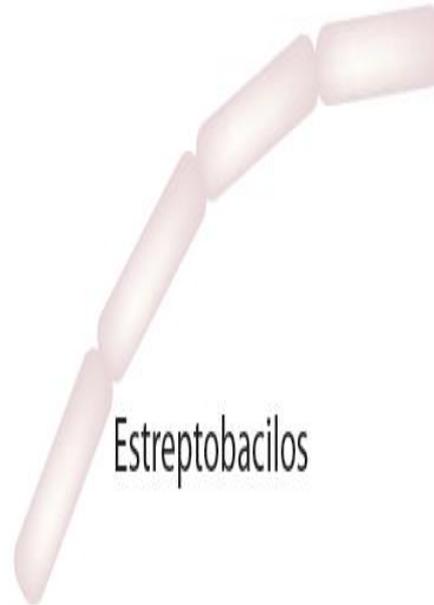
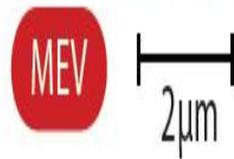
# Morfologia dos Procariotos: Arranjos de Bacilos



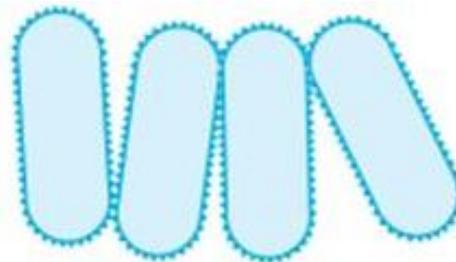
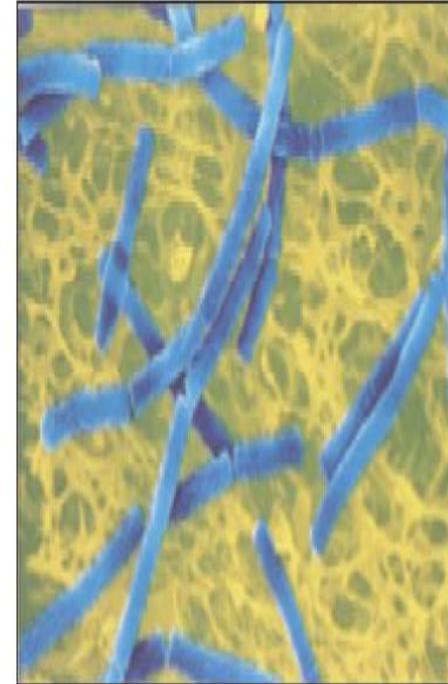
Bacilo único



Diplobacilos



Estreptobacilos

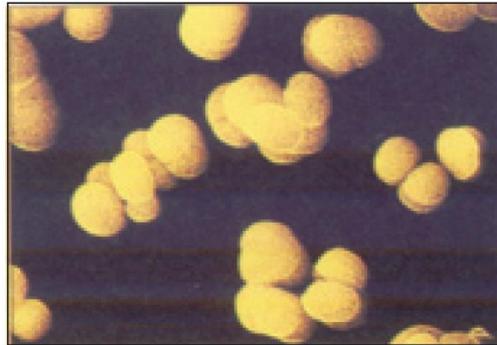


Paliçada

# Morfologia dos Procariotos: Outras Formas



Cocobacilos

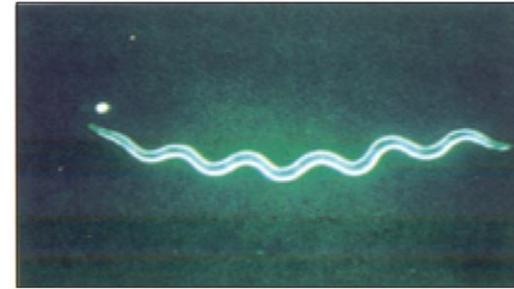


MEV

1  $\mu\text{m}$



Espiroqueta

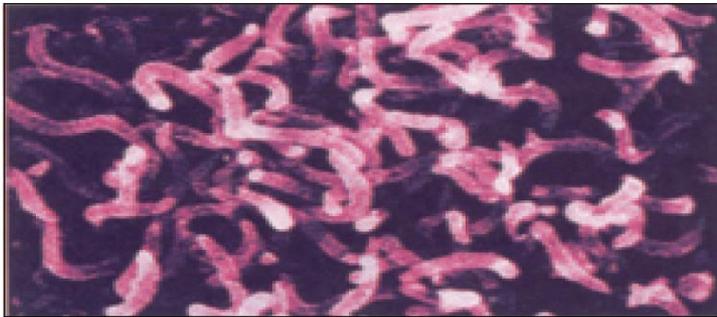


MEV

1,5  $\mu\text{m}$

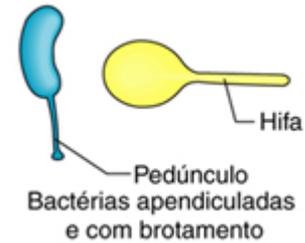


Vibrião

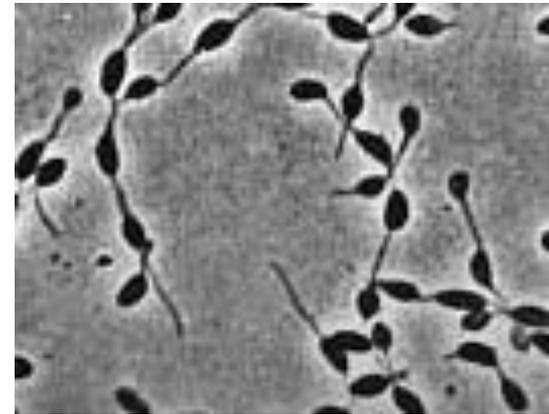


MEV

4  $\mu\text{m}$



Bactérias apendiculadas e com brotamento



**Pedunculada**  
(*Rhodomicrobium*)



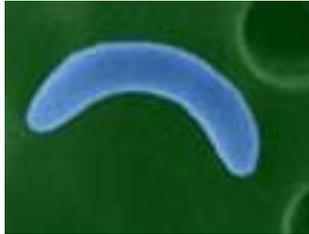
Espirilo



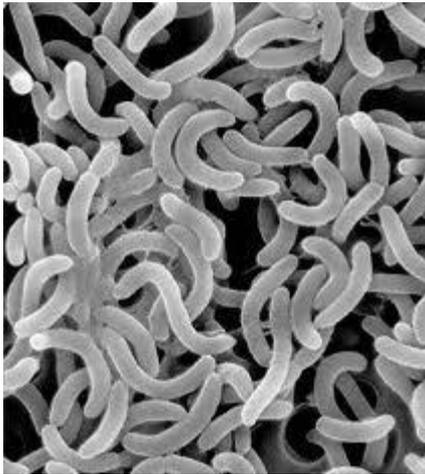
MEV

2  $\mu\text{m}$

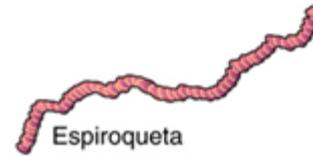
# Morfologia dos Procariotos: Outras Formas



Vibrião



*Vibrio cholerae*

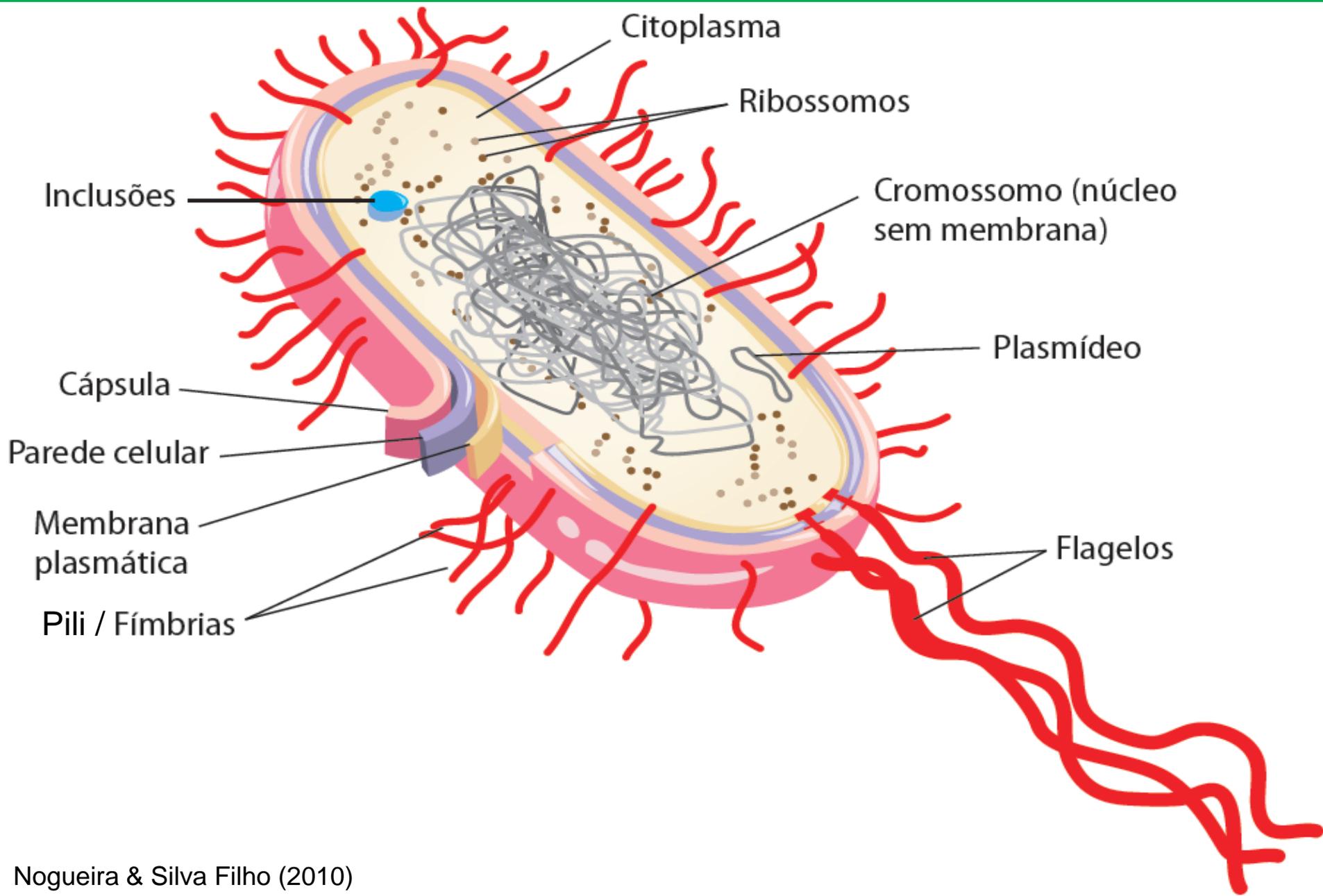


Espiroqueta



*Leptospira interrogans*

### 3. Estruturas dos Procariotos



# 3.1. Estruturas Externas dos Procariotos

## 3.1.1. Flagelos

- \* apêndices longos (10-20  $\mu\text{m}$ ) e finos (20 nm)
- \* helicoidais
- \* distribuídos em número variável
- \* proteína: flagelina
- \* estrutura:

- corpo basal (motor)
- gancho
- filamento



**Monotríquico (polar)**



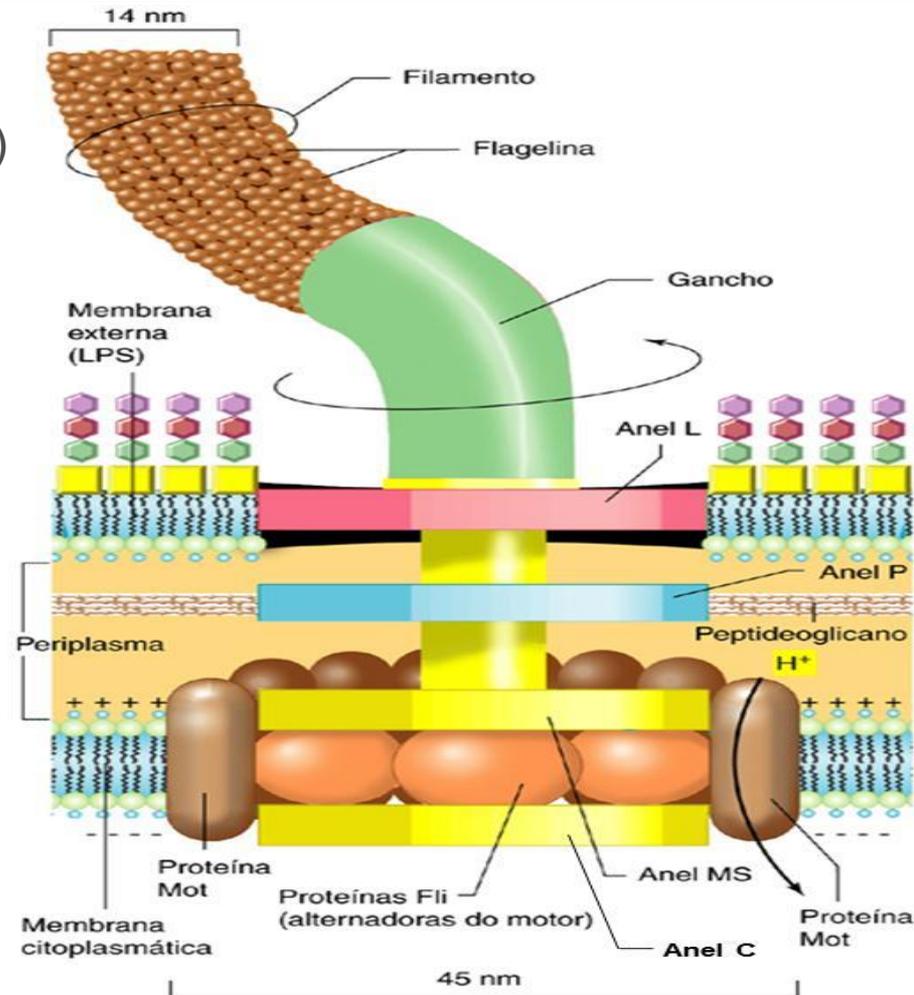
**Lofotríquico**



**Anfotríquico (bipolar)**



**Peritríquico**

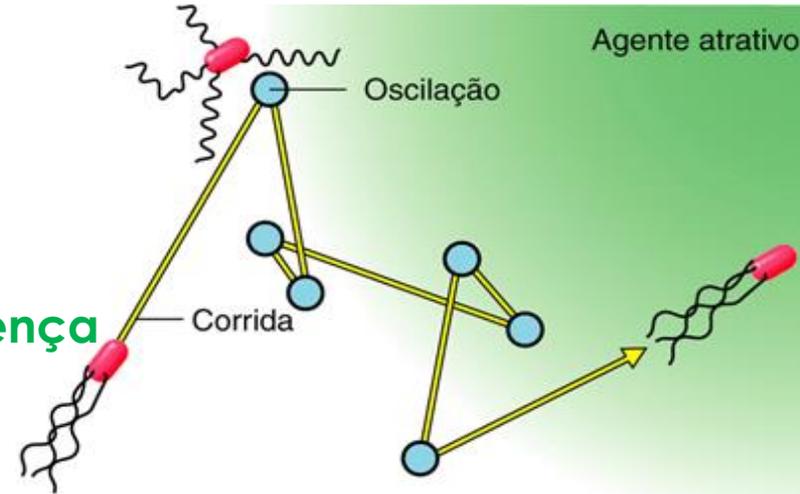


- O movimento de rotação é transmitido a partir do “motor”
- 1000 prótons para cada rotação
- velocidade variável (até 12000 rpm)
- A célula desloca-se com até 60 comprimentos celulares/s (guepardo: 25 comprimentos/s)

# 3.1. Estruturas Externas dos Procariotos

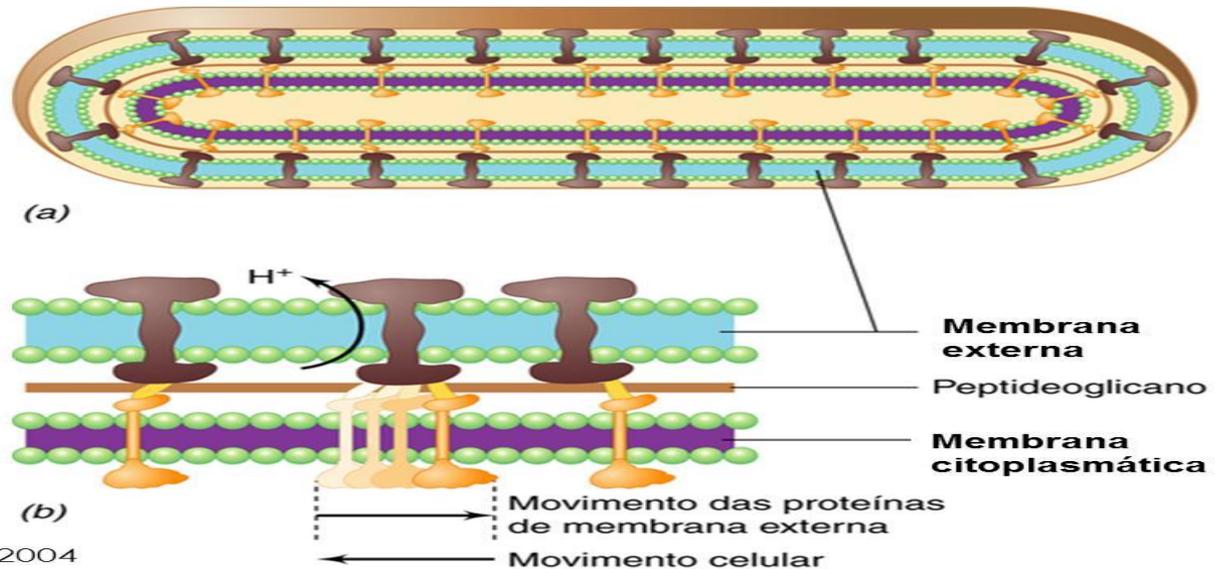
## 3.1.1. Flagelos

- \* **quimiotaxia:** controle do movimento
  - repelentes
  - atraentes
- **mecanismo:** proteínas que sentem a presença de substâncias
  - resposta à concentração



## Outras Formas de Motilidade em Procariotos

### Movimento deslizante



# 3.1. Estruturas Externas dos Procariotos

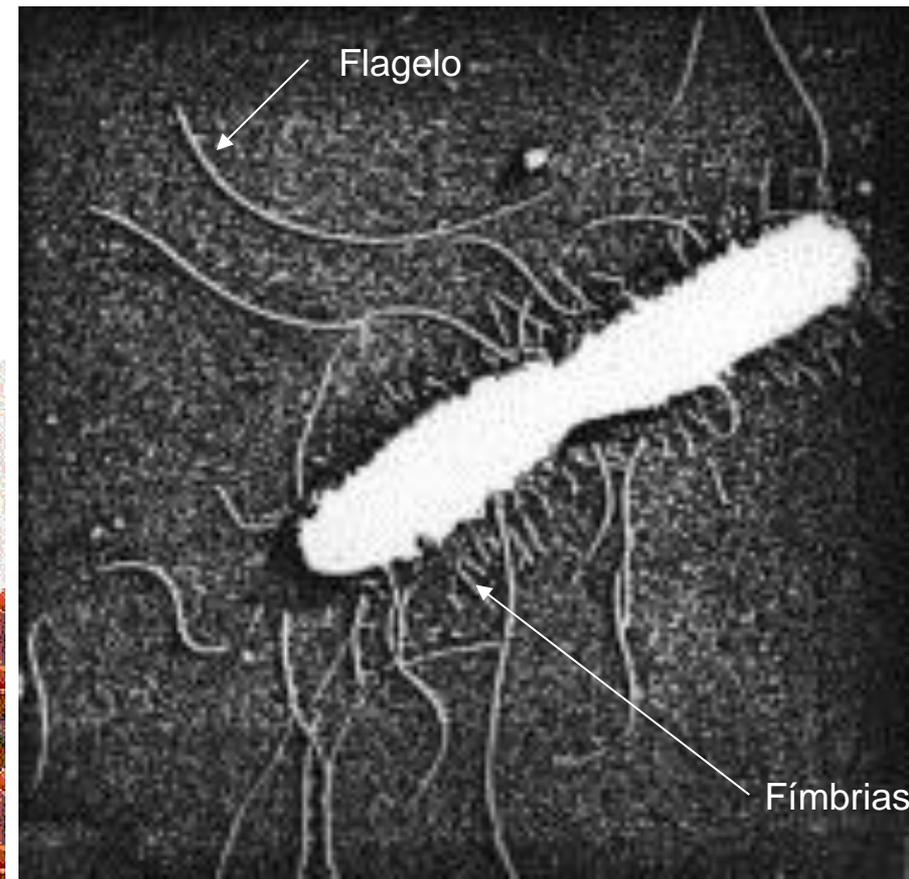
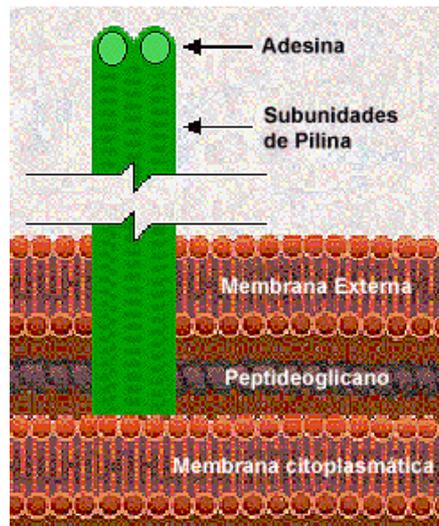
## 3.1.2. Pili e Fímbrias

\* fímbrias: adesão (várias unidades por célula)

\* pili: mais longos que as Fímbrias  
(geralmente 1 unidade por célula)

- Conjugação bacteriana
- adesão em bactérias patogênicas

\* composição: proteínas



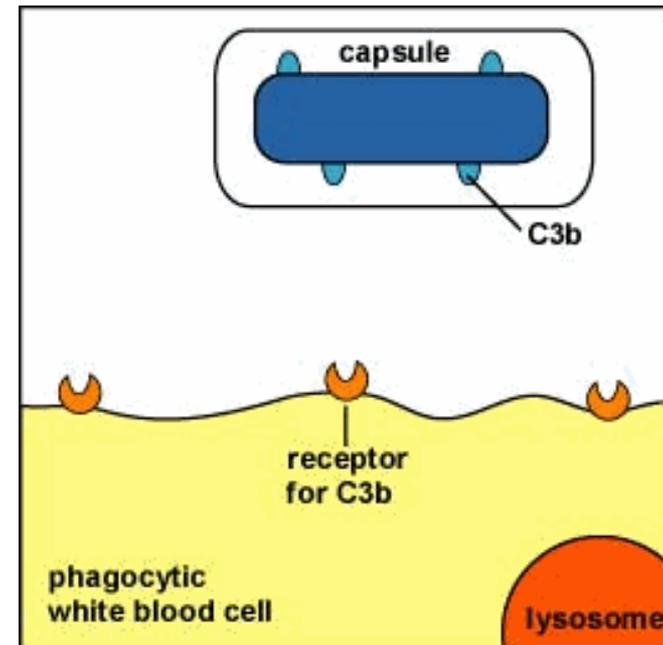
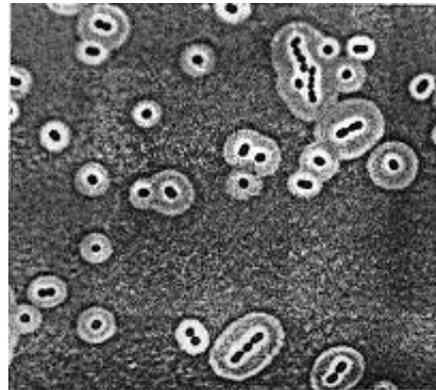
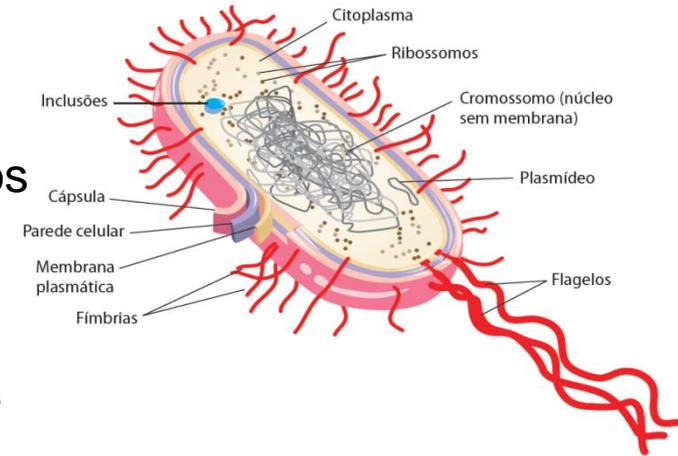
# 3.1. Estruturas Externas dos Procariotos

## 3.1.3. Cápsula e Camada Limosa (Glicocálix)

\* composição: glicoproteínas e/ou polissacarídeos

\* função:

- adesão
- proteção contra dessecação e fagocitose



## 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

### 3.2.1. Parede Celular

A concentração de solutos dissolvidos gera alta pressão interna (pressão de turgor).

(*Escherichia coli*  $\cong$  2 atm.)

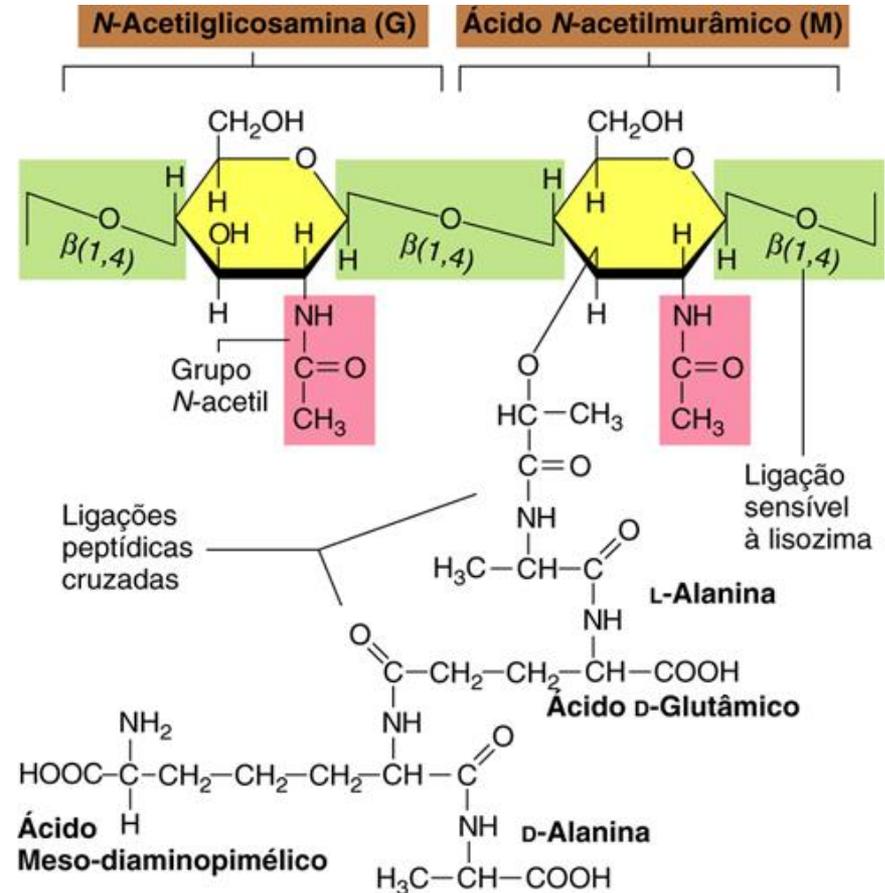
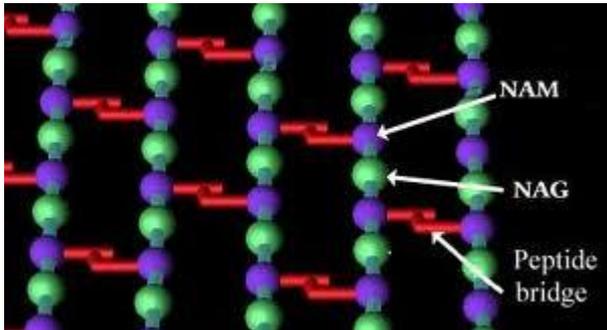
- A parede celular é responsável pela contenção dessa pressão
- Envoltório rígido, responsável também pela forma da célula
- Corresponde a 10 a 40% do peso bacteriano

### 3.2.1. Parede Celular

#### Domínio *Bacteria*

a) componente principal: peptidoglicano (>100 tipos)

- açúcares aminados:
  - N-acetilglicosamina
  - Ácido N-acetilmurâmico
- aminoácidos

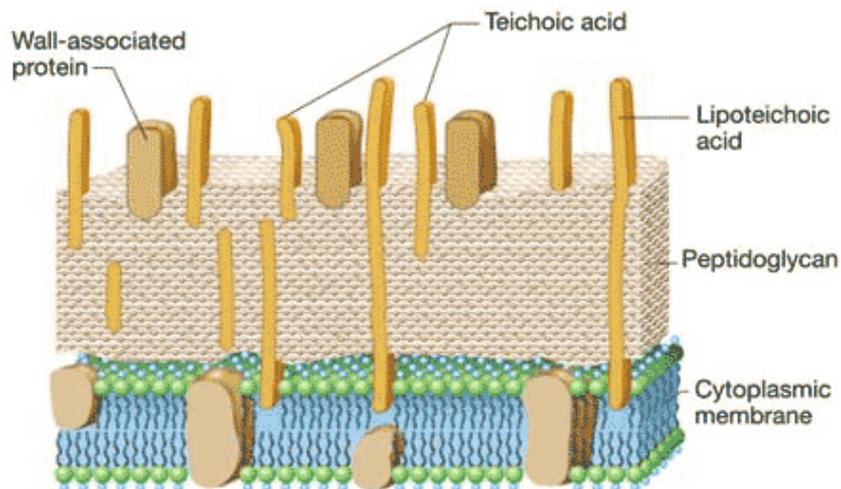
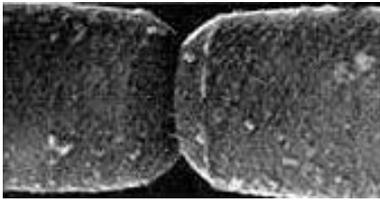


### 3.2.1. Parede Celular

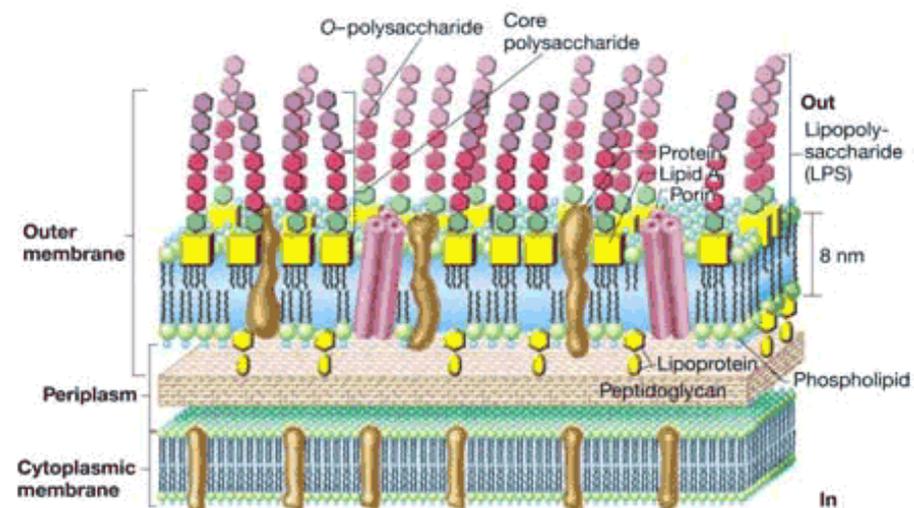
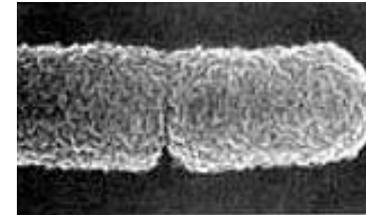
b) De acordo com suas respostas à coloração de Gram, as bactérias se dividem em 2 grupos:

(Dinamarquês Christian Gram, 1853)

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

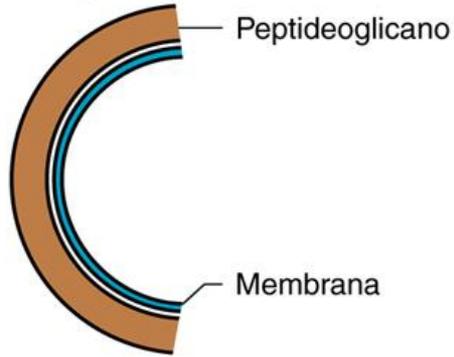


**Gram negativas:** 10 % de peptideoglicano (1-2 camadas) 2-3 nm

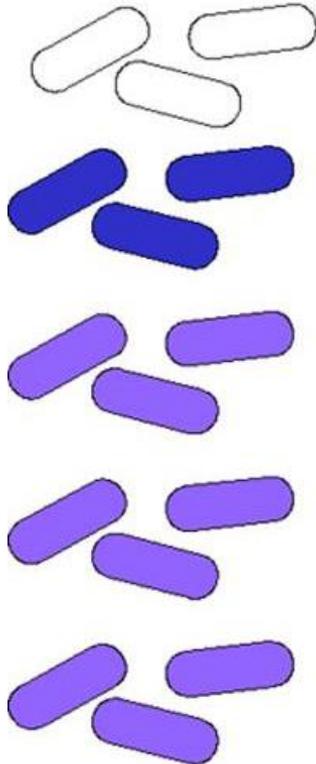
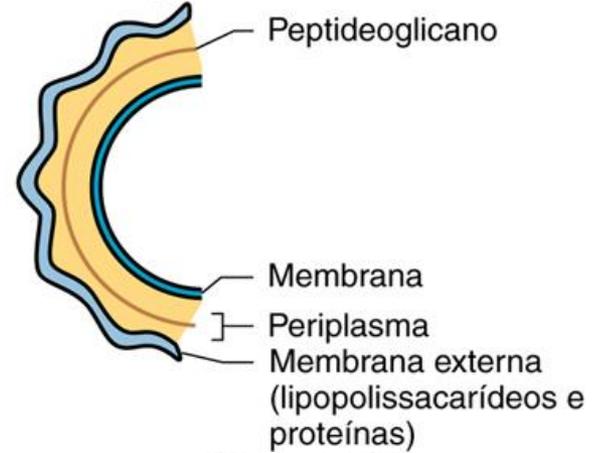


# A Coloração de Gram

Gram-positivos



Gram-negativos



Fixação



Cristal violeta



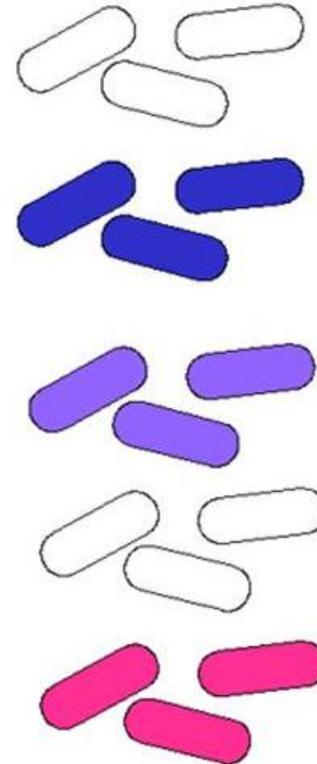
Tratamento com lugol



Álcool - acetona

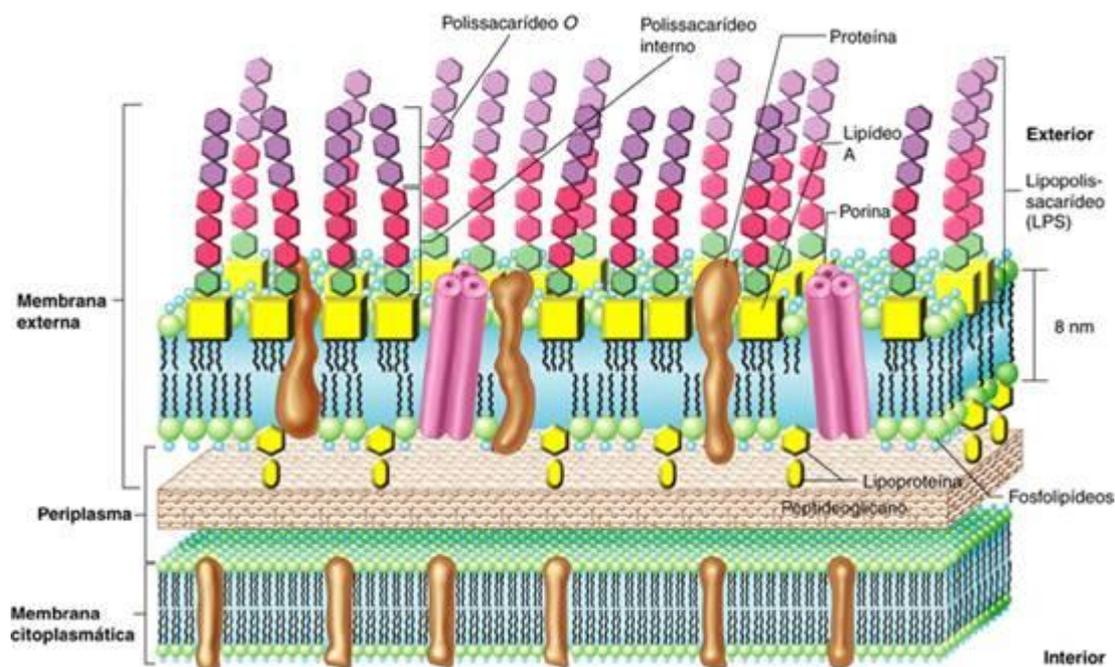


Corante de contraste safranina



c) “Membrana” externa de bactérias Gram negativas (camada LPS).  
Camada dupla, composta de:

- fosfolipídeos
- proteínas
- lipídeos
- polissacarídeos
- lipoproteínas



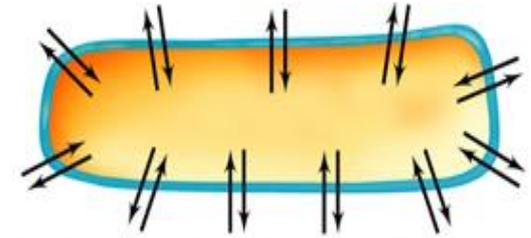
- Maior rigidez à parede celular
- Seus componentes são tóxicos quando injetados em animais
- Participa do processo de nutrição formando canais de passagem



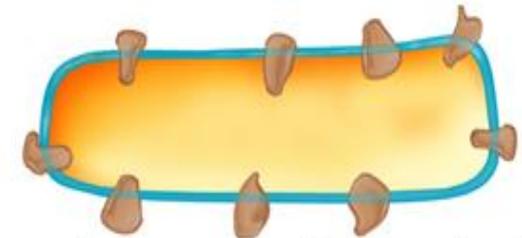
# 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

## 3.2.2. Membrana Plasmática

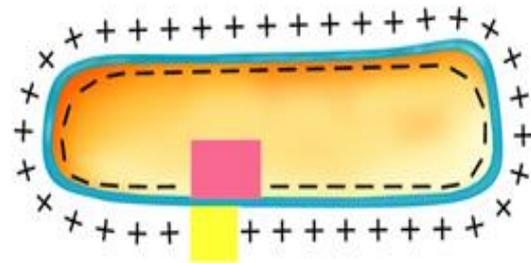
- \* barreira física, vital para a células
- \* espessura aproximada de 8 nm
- \* permeabilidade ( $H_2O$  e subst. Baixo PM)
- \* Proteínas de transporte contra gradiente de concentração
- \* Produção de energia (força próton motiva)



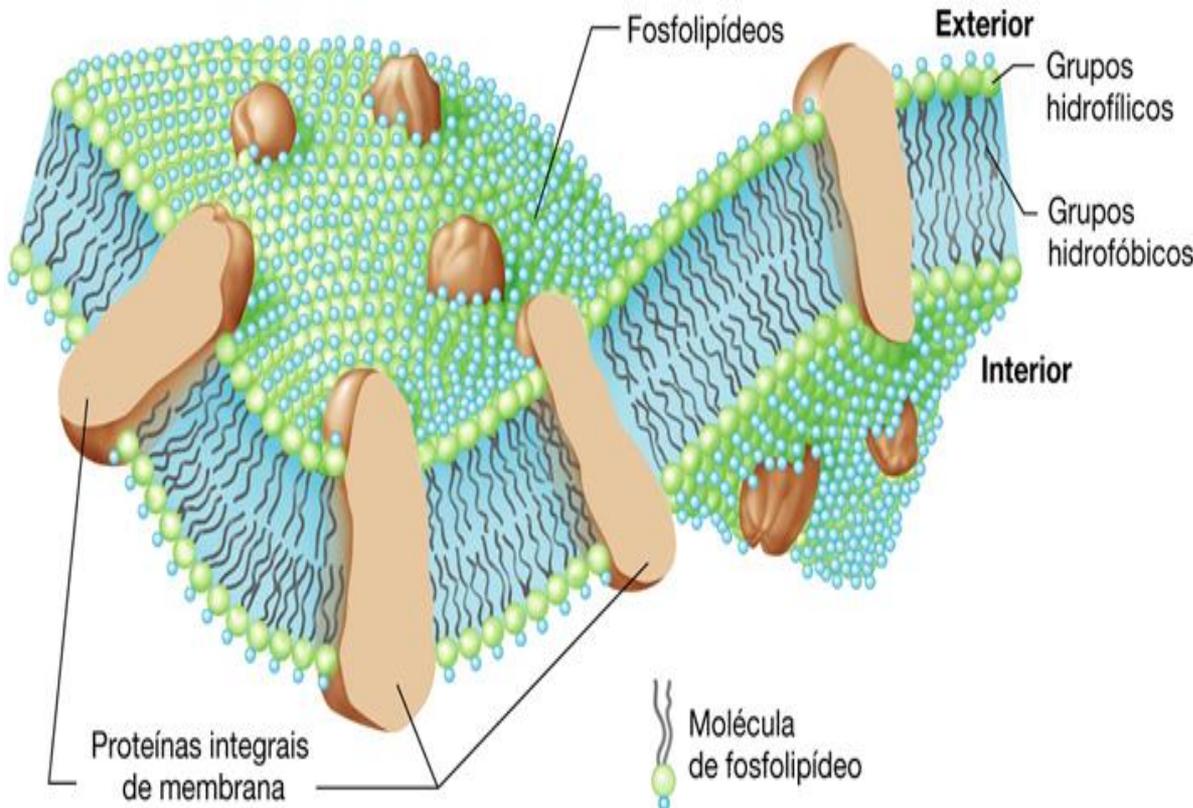
**Barreira de permeabilidade** — impede o extravasamento e atua como porta de entrada e saída de nutrientes



**Conservação de energia** — sítio de geração e utilização da força próton motiva



**Ancoragem de proteínas** — sítio de muitas proteínas envolvidas no transporte, na bioenergética e na quimiotaxia

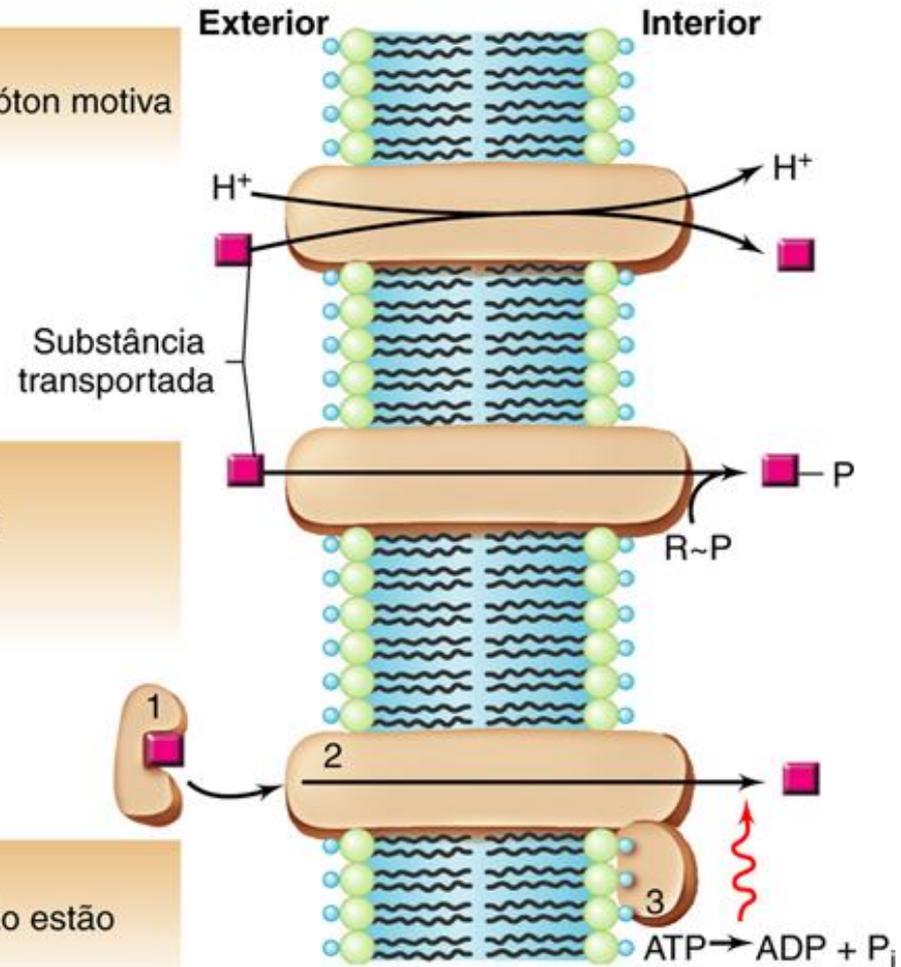


# Tipos de Transportadores na Membrana Plasmática

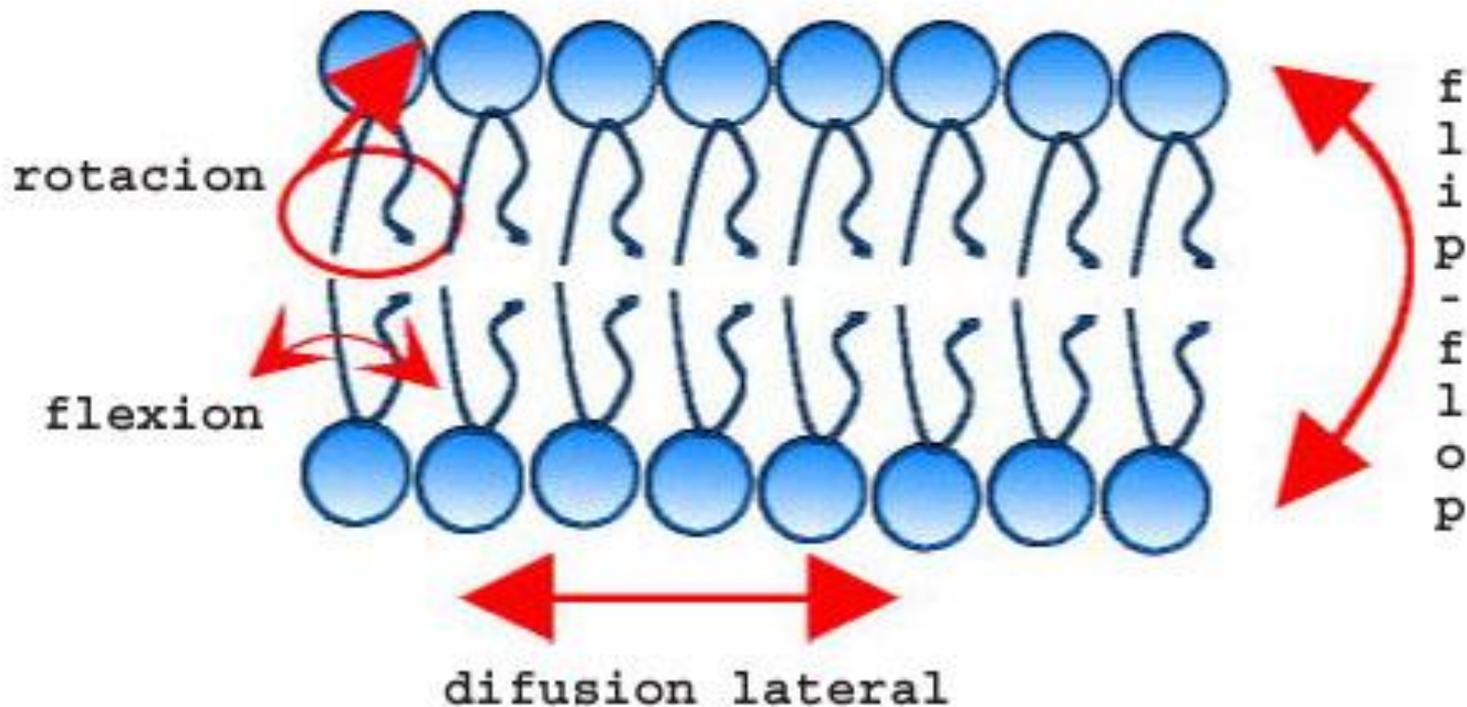
**Transporte simples:**  
promovido pela energia da força próton motiva

**Translocação de grupo:**  
modificação química da substância transportada, promovida pelo fosfoenolpiruvato

**Sistema ABC:**  
proteínas periplasmáticas de ligação estão envolvidas; promovido pelo ATP

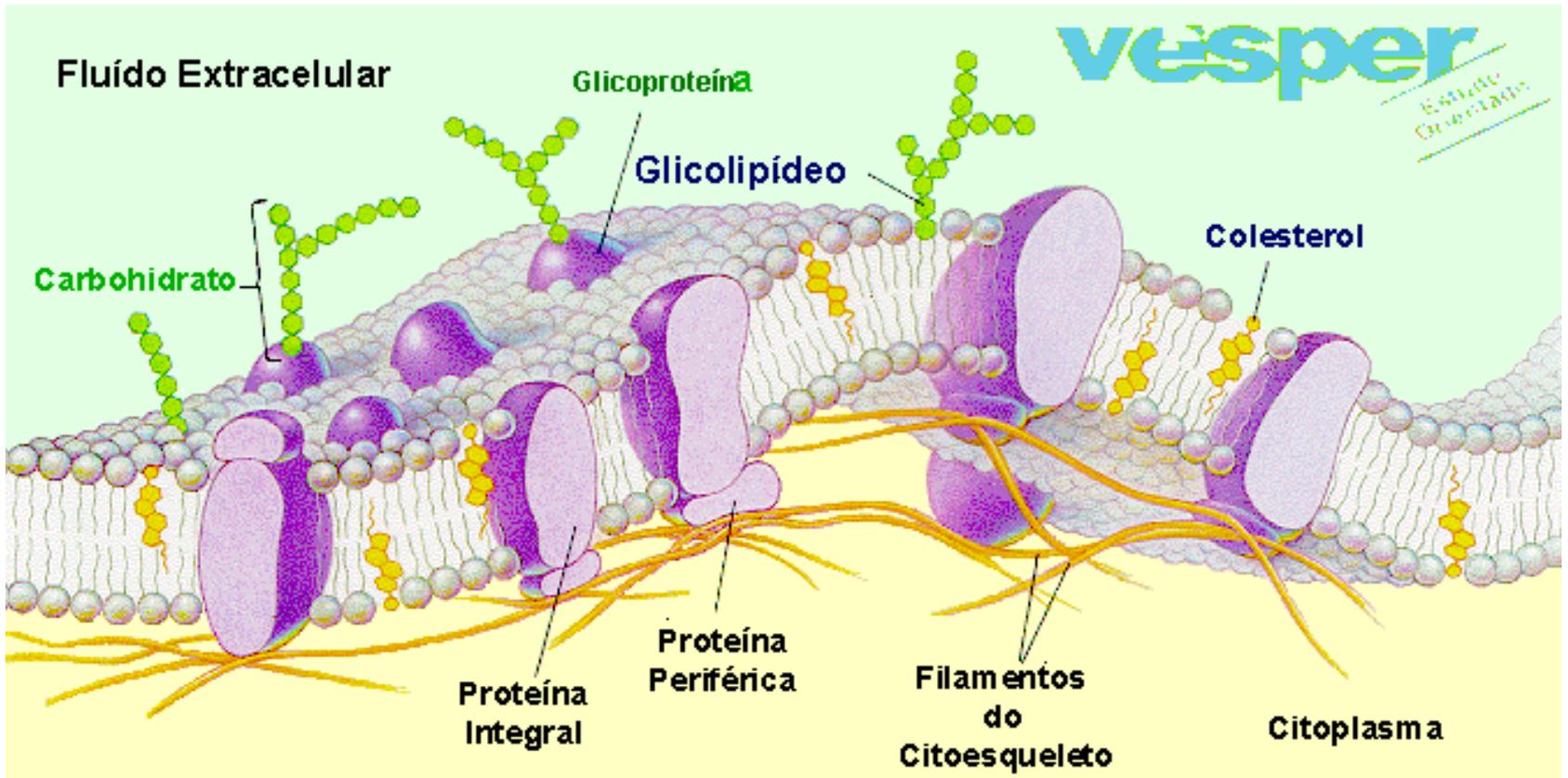


# Fluidez da Membrana Plasmática



- Quanto mais insaturado mais líquido.
- Quanto menor a temperatura mais sólido.
- Quanto menor a temperatura maior o grau de insaturação.





## 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

### 3.2.3. Material Genético

Molécula única de DNA circular, intensamente dobrada, podendo expandir-se até 1 mm (bactéria típica mede poucos  $\mu\text{m}$ )

\* não associado com histonas

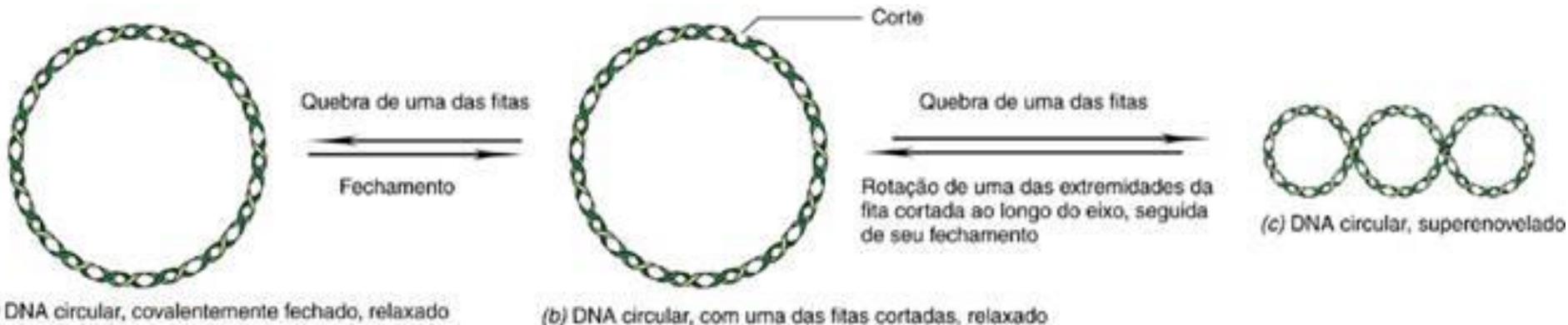
\* tamanho do genoma variável:

*E. coli*: 4,7 Mb

*Mycoplasma genitalium*: 0,58 Mb

\* bactérias em crescimento podem conter várias cópias

\* haplóides: apenas uma cópia de cada gene.

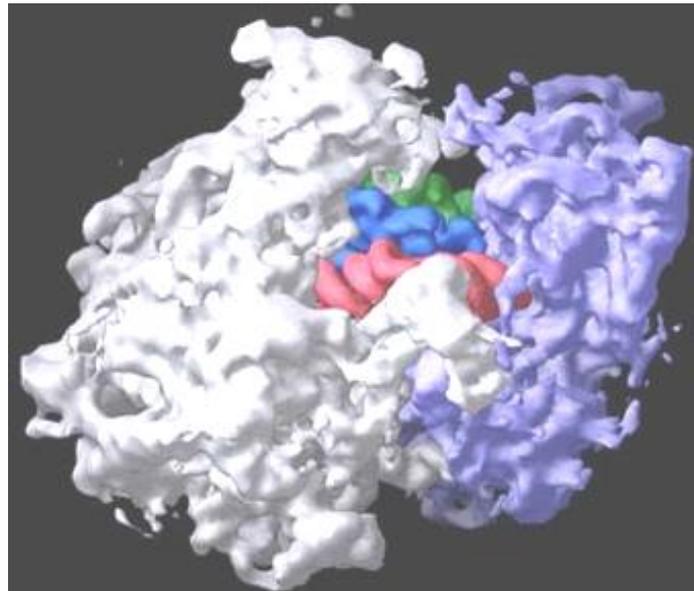
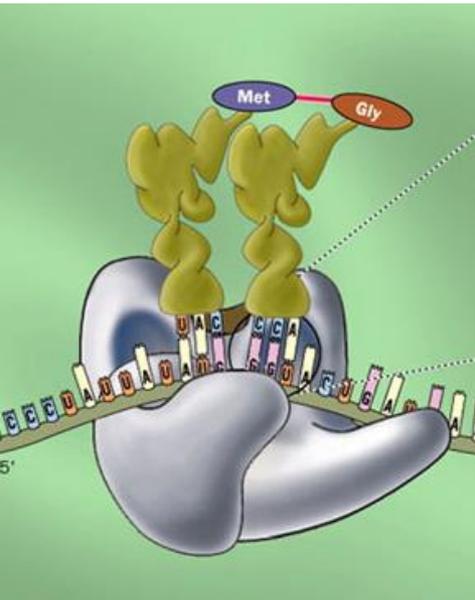


## 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

### 3.2.4. Ribossomos

Bactérias e Arqueas têm ribossomos semelhantes (70S), mas diferentes na composição protéica

- \* Subunidades: 50S + 30S (RNA e proteínas)
- \* até 10.000 por célula

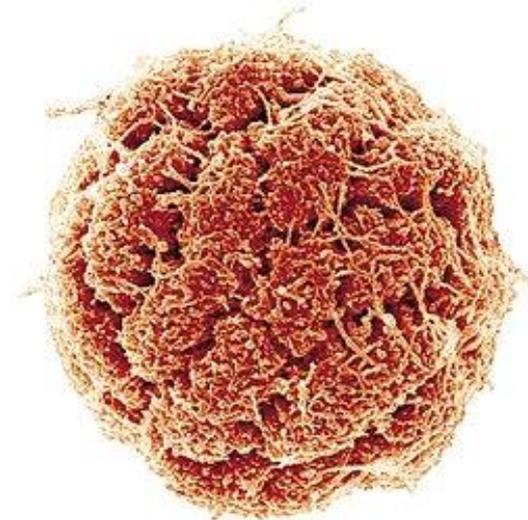
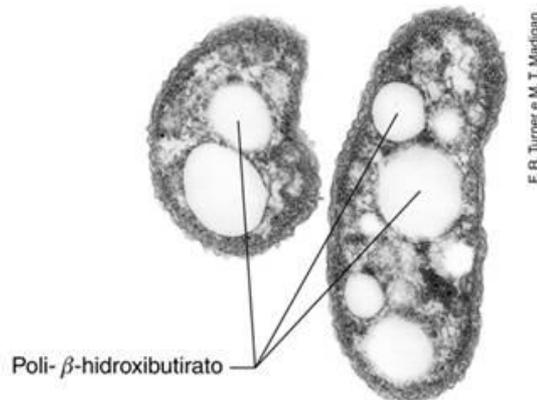
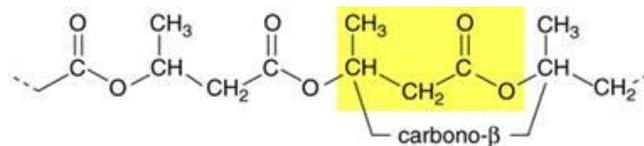


# 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

## 3.2.5. Inclusões Citoplasmáticas

Reserva de energia e de blocos estruturais:

- \* poli- $\beta$ -hidroxibutirato, amido e outros
- \* polifosfatos (grânulos metacromáticos)
- \* enxofre
- \* magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (bactérias magnéticas usam para orientação)

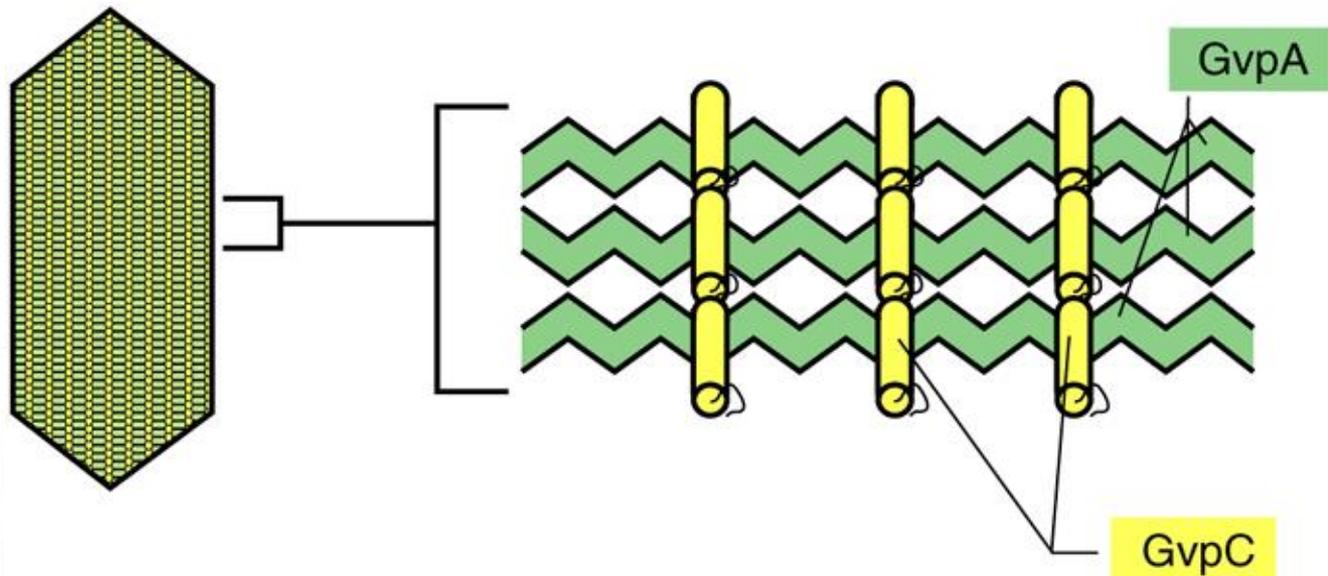
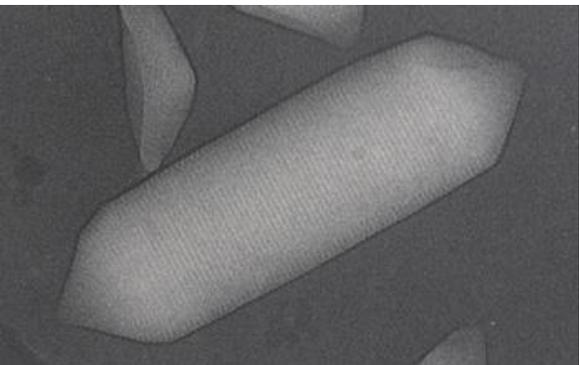


"Magnetobulbus multicellularis" (UFRJ)

## 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

### 3.2.6. Vesículas de Gás

- \* procariotos aquáticos fotossintetizantes: ex. Cianobactérias
- \* forma de fuso: 200-700 nm x 60-110 nm
- \* poucos ou até centenas por célula
- \* membrana composta de proteínas
- \* 5-20% da densidade da célula
- \* 1 atm de pressão interna



# 3.2. Estruturas Internas dos Procariotos

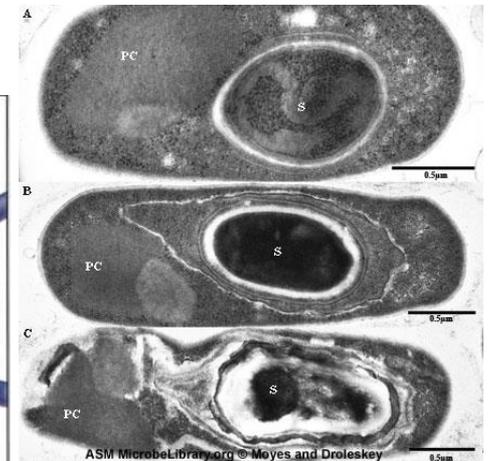
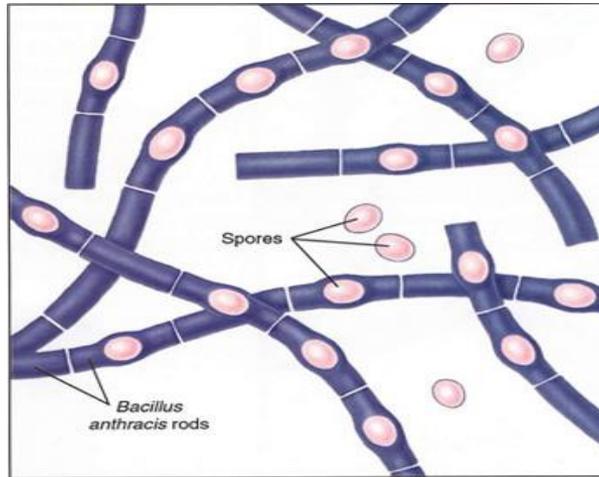
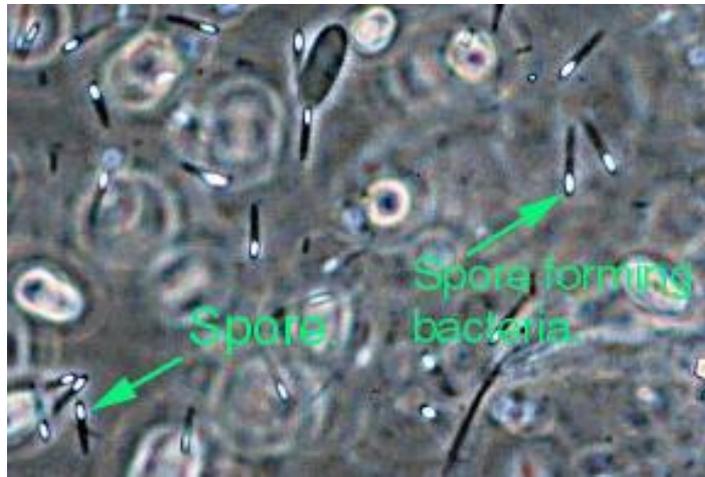
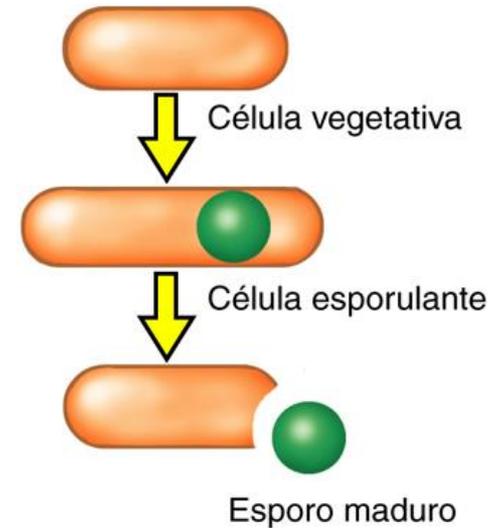
## 3.2.7. Endósporos (estruturas de resistência)

Encontrados em algumas Gram positivas:

- *Bacillus*
- *Clostridium*
- *Sporosarcina*
- *Sporolactobacillus*

10 % do peso seco é ácido dipicolínico (exclusivo de esporos):  
estabilização do DNA.

Resistentes ao calor, radiações, ácidos, desinfetantes, lisozima



# Bactérias E ARQUEAS

Os representantes e sua  
importância

# Bactérias e Arqueas

- Bactéria(do grego bakteria = bastão)
  - Foram observadas pela primeira vez por Antonie van Leeuwenhoek(1632-1723), final do século XVI
- O reino é formado por Bactérias e Arqueas
  - São os seres mais abundantes do planeta
  - São unicelulares e procariótica (sem núcleo diferenciado no citoplasma)
  - Podem viver isoladas ou em colônias;

# A CLASSIFICAÇÃO MAIS RECENTE

## (\* Bactérias e \*Arqueas)

- O Reino Monera na classificação atual encontra-se sofrendo alteração e seus integrantes foram divididos entre
  - Eubacterias (do grego, eu = verdadeiro).
  - Archaeobacterias (do grego, Archaeo = antigo),
- Descobriu-se que as Arqueobactérias são mais semelhantes aos Eucarióticos
- Passaram a ser chamadas apenas de **Arqueas**.
- E as Eubactérias, simplesmente **Bactérias**.

# Parentesco evolutivo entre e Arqueas e Bactérias

- A principal diferença entre **bactérias e arqueas**
  - Está na organização e funcionamento dos genes das Arqueas.
- As sequências codificadas nos genes e a ação gênica das Arqueas são mais semelhantes às sequências encontradas nos Eucarióticos,
  - Elas são evolutivamente mais relacionadas com os organismos Eucarióticos do que com as bactérias.
- **Provavelmente, no passado, um grupo deu origem às bactérias e o outro, deu origem às Arqueas.**

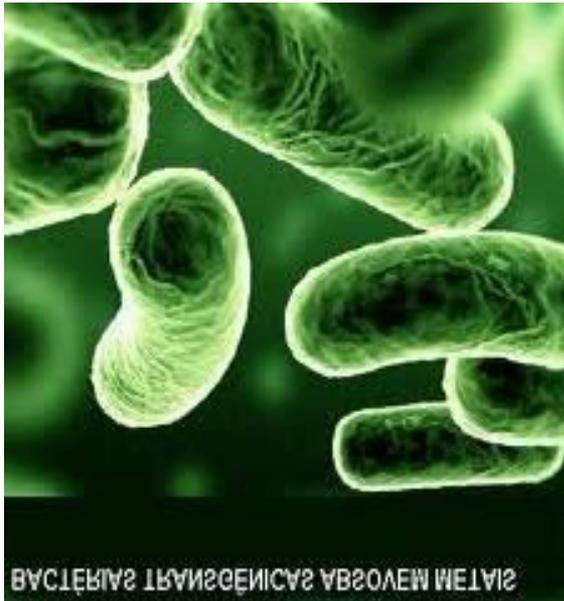
# PROPOSTAS DE CLASSIFICAÇÃO MAIS RECENTES

- As propostas mais recentes de organizar os seres vivos em categorias taxonômicas sugerem que os grupos de organismos sejam ainda mais separados.
- Assim, haveria uma categoria acima dos Reinos, os chamados Domínios.
  - Domínio – reino – filo – classe - ordem...
- Os seres seriam separados em 3 grandes domínios:
  - BACTERIA
  - ARCHAEA
  - EUKARYA

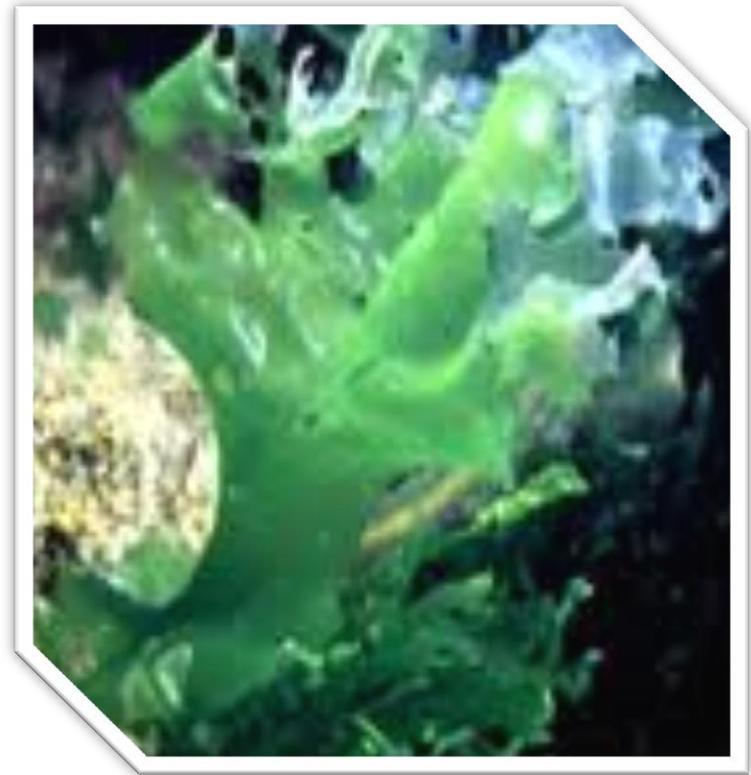
# OS DIVERSOS TIPOS- FORMAS



# OS DIVERSOS TIPOS



# OS DIVERSOS TIPOS



# BACTÉRIAS DO BEM



# Microbiota



# Fitopatogênicas

## Requeima



# Pus bacteriano

## *Ralstonia solanacearum*



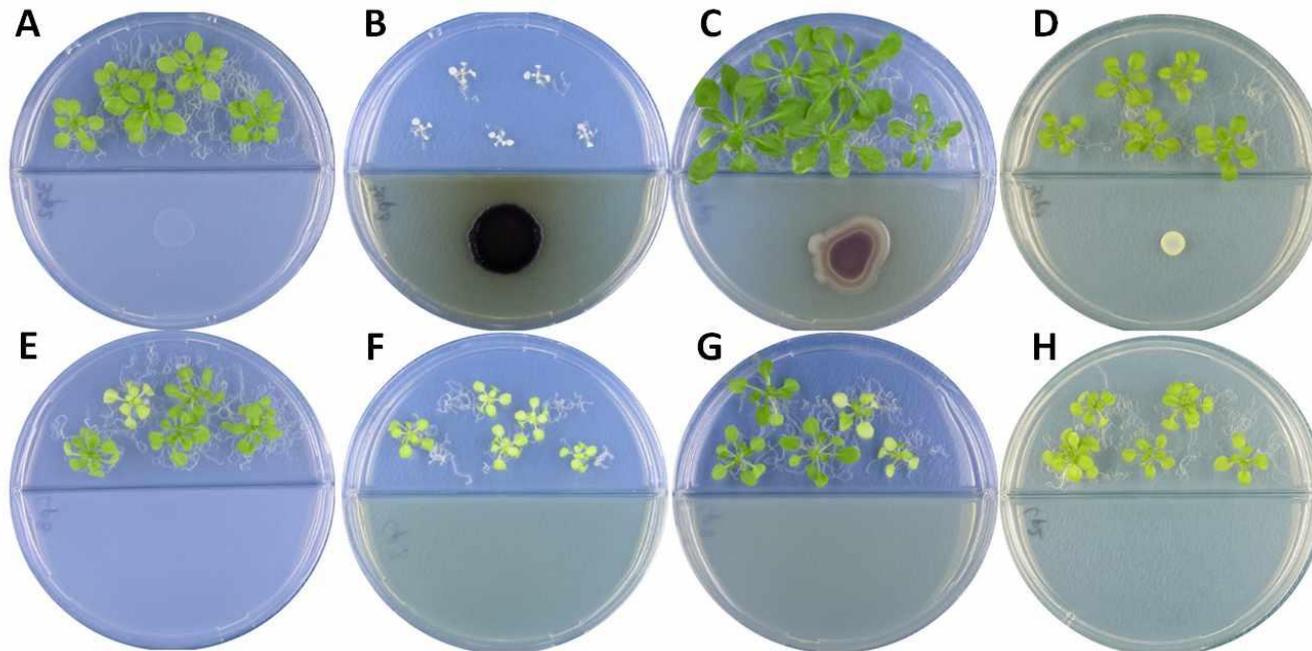
# Simbiose





Plantas de mamão colonizadas por bactérias endófitas (Inoculado) comparadas com não inoculadas (Controle)

# Bactérias promotoras de crescimento de plantas



# Bactérias promotoras de crescimento de plantas



# Ambientes onde são encontradas As Bactérias e Arqueas

- ✓ São encontradas em todos os ecossistemas da Terra,  
Mar, água doce, solo, ar,  
No corpo de muitos seres vivos.
- ✓ Locais adversos  
Alta salinidade,  
Altas temperaturas, sem oxigênio,  
Escuridão, profundidades oceânicas,  
regiões vulcânicas, etc.

# Importância das bactérias

- São de grande importância para a saúde humana, para o ambiente e para a economia.
  - Ciências médicas, biológicas, para a indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética etc.
  - Na **decomposição** de matéria orgânica morta.
- O processo de decomposição é efetuado tanto por bactérias do tipo aeróbias como as anaeróbias;

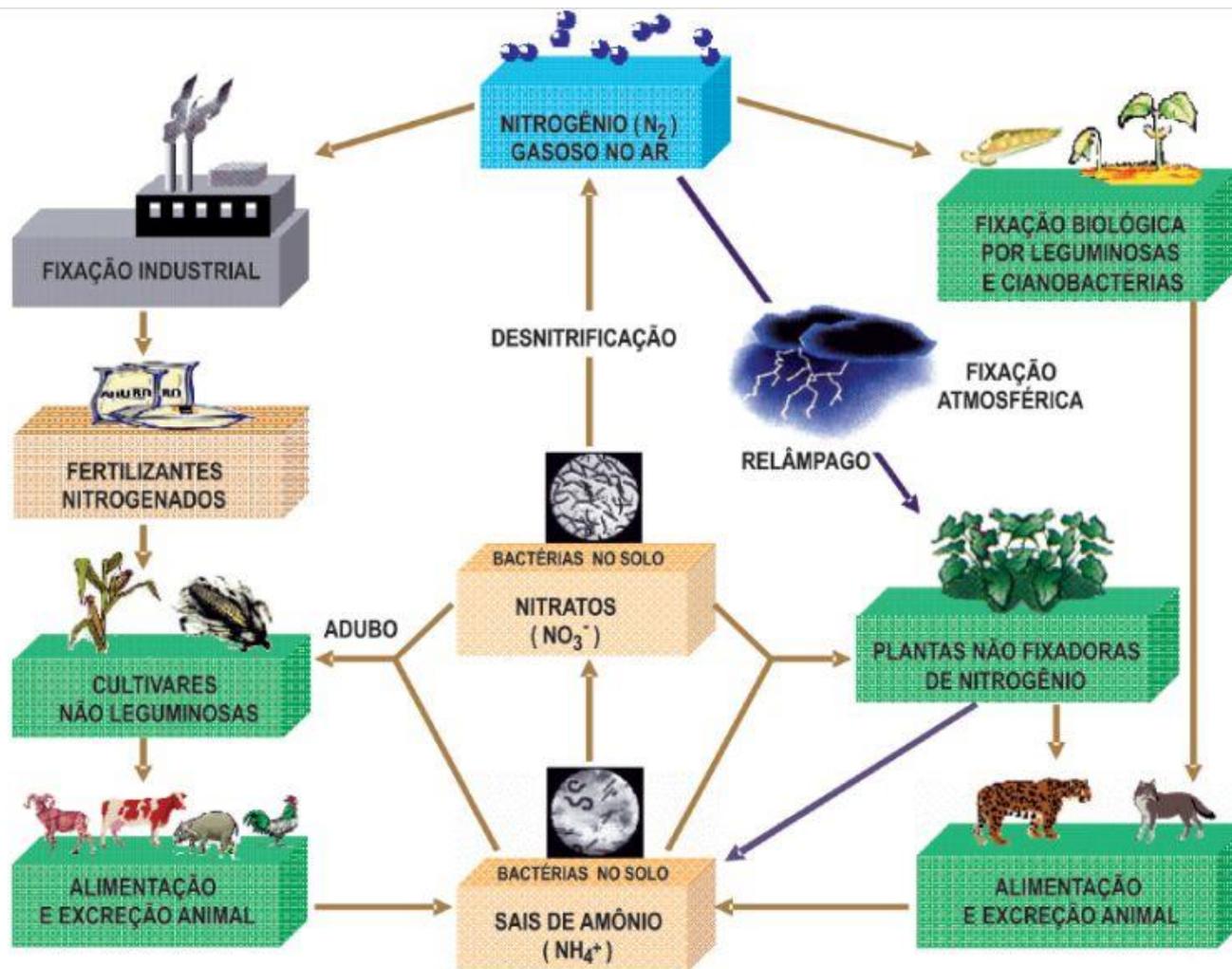
# Processos Industriais

- Lactobacilos
- Utilizados na indústria de fermentação alcoólica
- Fermentação láctica,
- Produção de alimentos
- Bebidas, queijos, coalhadas , iogurtes,



- Ciclo do nitrogênio,
- Atuam em diversas fases
- Utilização do nitrogênio atmosférico pelas plantas
- Animais
- Microorganismos

# Ciclo do Nitrogênio



- Engenharia Genética e Biotecnologia para a síntese de várias substâncias
  - Insulina, o hormônio de crescimento, a toxina botulínica (aplicação "botox"), entre tantas outras aplicações médicas;
- Além do estudo de agentes bacterianos que trazem doenças ao homem
  - Um largo campo das pesquisas nessa área

# Síntese de Insulina



# Biotecnologia



# Fim da Aula

