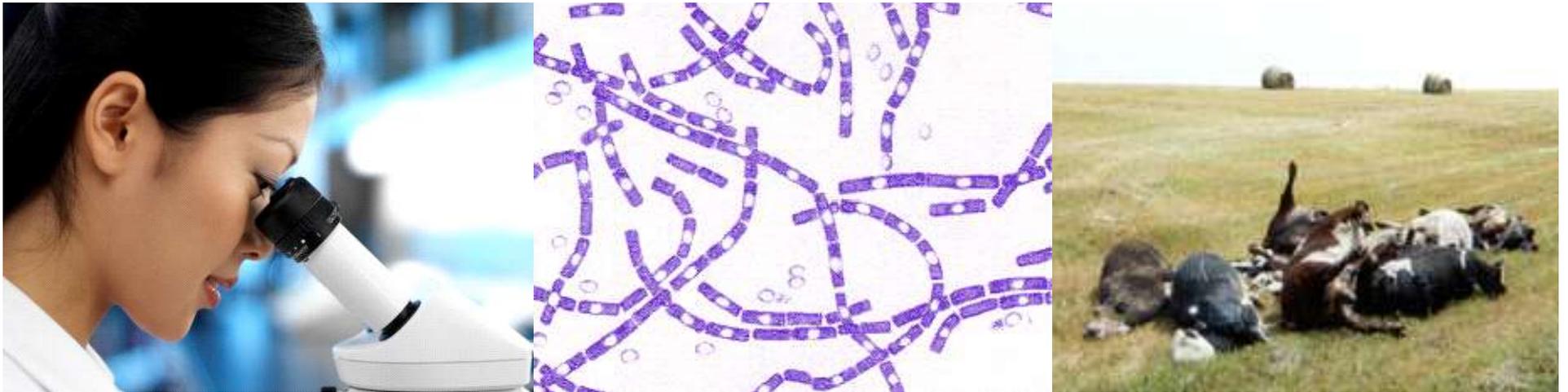


# BMM450: Aula 1B - Morfologias e Estruturas Bacterianas



**Nilton Lincopan, PhD**

[lincopan@usp.br](mailto:lincopan@usp.br)

**Departamento de Microbiologia – Instituto de Ciências Biomédicas  
Universidade de São Paulo, Brasil**



All images are believed to be in the public domain. If this is not the case, please email the author at [lincopan@usp.br](mailto:lincopan@usp.br) and any images will be promptly removed.

# Bacteriologia

---

Ciência que estuda a morfologia, ecologia, genética e bioquímica das bactérias.

**Bactérias** (do grego *bakteria*, bastão), são organismos unicelulares, procariontes (não apresentam seu material genético delimitado por uma membrana), que podem ser encontrados na forma isolada ou em colônias.

# CARACTERÍSTICAS USADAS NA CLASSIFICAÇÃO

Fenotípicas: Inclui características:

- ✓ Morfológicas
- ✓ Coloração
- ✓ Estruturais
- ✓ Nutritivas
- ✓ Metabólicas
- ✓ Sensibilidade a antibióticos

**Bacterioscopia**

# Morfologia Bacteriana

As bactérias têm formas características (cocos, bacilos, espiral, etc), e frequentemente se agrupam formando pares, cadeias, tetradas, e *clusters*).

Estes conceitos são típicos para um gênero e tem utilidade diagnóstica.

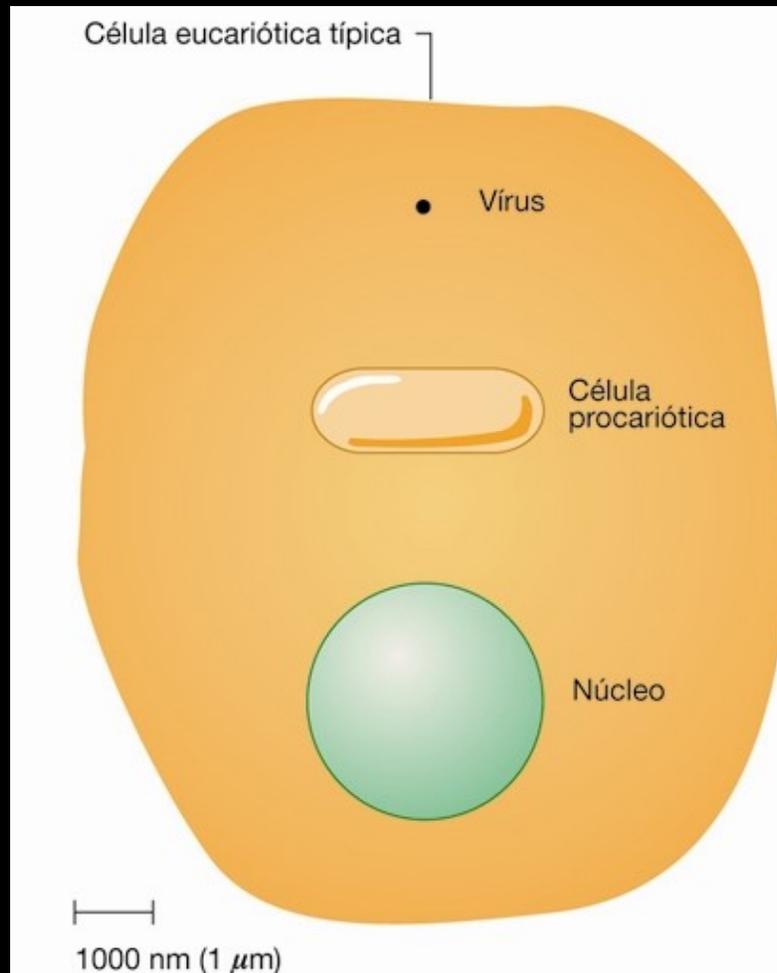
# Observação ao Microscópio (Bacterioscopia)

---

## Critérios:

- Tamanho
- Forma
- Arranjo
- Coloração

# Tamanho/Morfologia Bacteriana



*Bacillus megaterium*  
1,5 x 4  $\mu\text{m}$



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



*Streptococcus pneumoniae*  
0,8  $\mu\text{m}$  de diâmetro



*Haemophilus influenzae*  
0,25 x 1,2  $\mu\text{m}$



Coccus



Coccobacillus



Vibrio



Bacillus



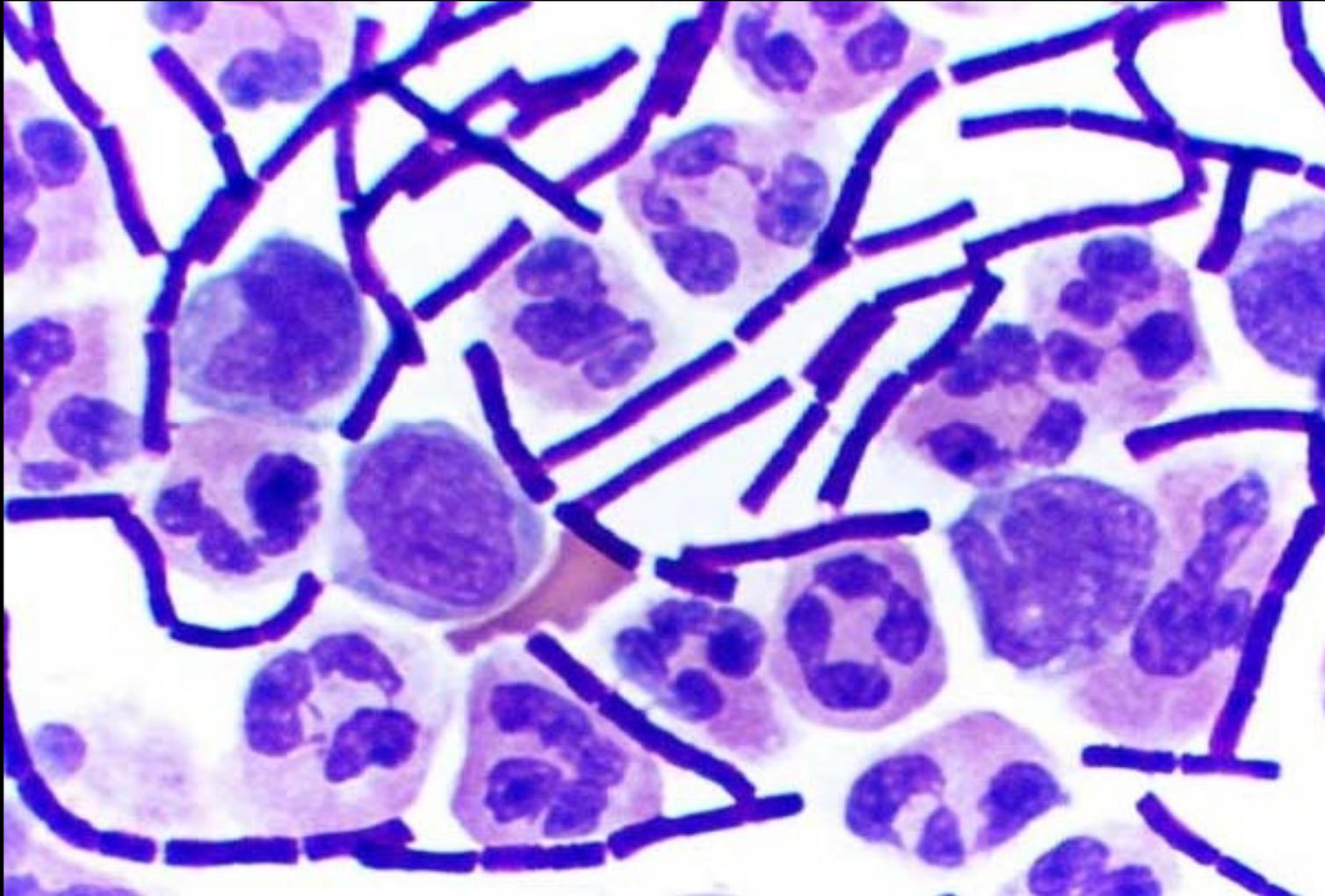
Spirillum



Spirochete

Unidade de medida: micrômetro ( $\mu\text{m}$ ). 1  $\mu\text{m}$  =  $10^{-3}$  mm ou  $10^{-6}$  m

# Bacterioscópico sangue



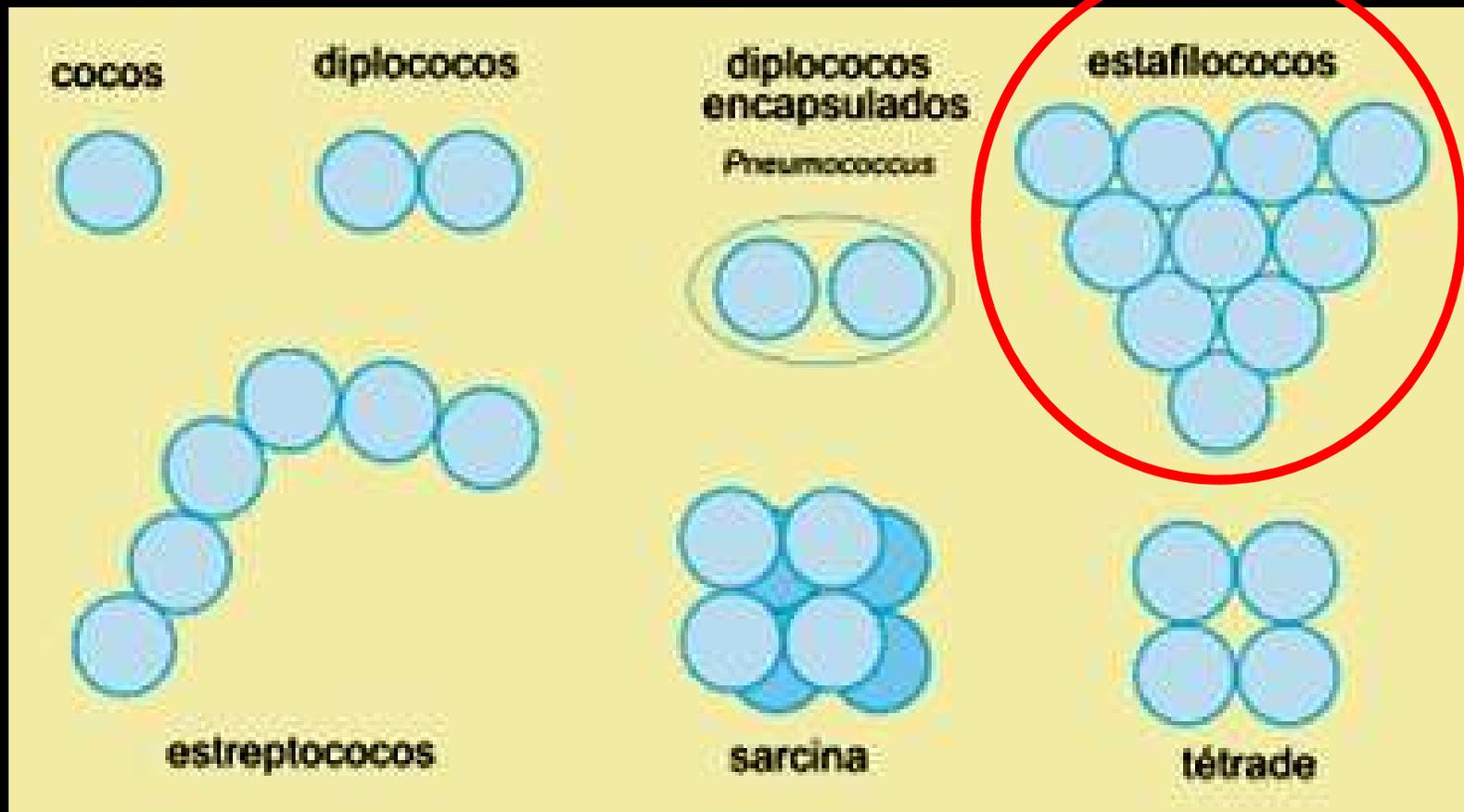
Bacilos do gênero *Bacillus*

# NOMENCLATURA

- É regida pelo código internacional de nomenclatura bacteriana → **Manual de Bergey** (Livro referencia para classificação e identificação bacteriana)
- O nome do gênero e das espécies é sempre escrito em *itálico* e na falta deste tipo de letra, o nome é sublinhado.

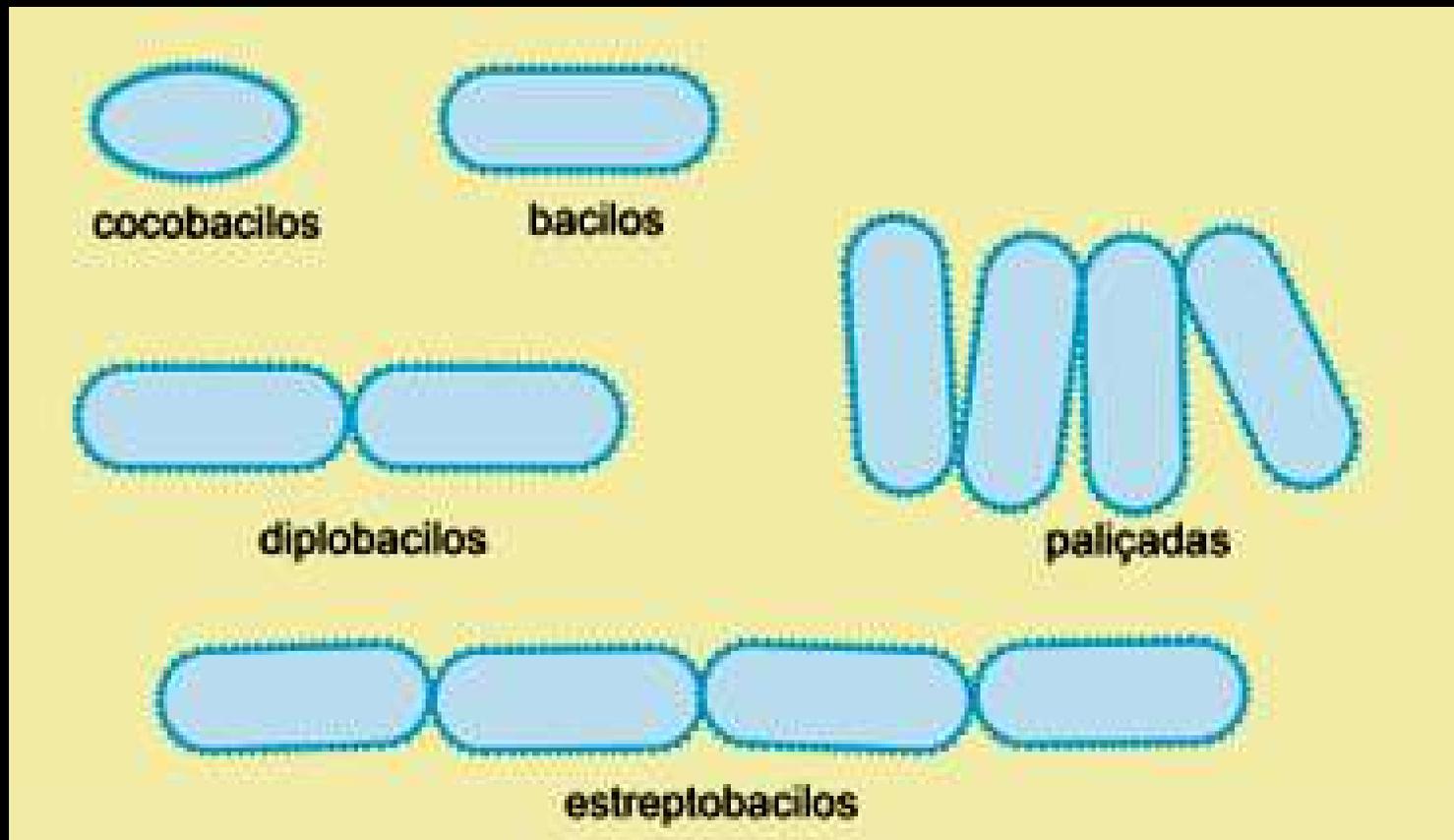
# Bactérias: Forma

## Cocos



# Bactérias: Forma

## Bacilos



# Bactérias: Forma

---



# Bactérias: Forma



espirilo  
*Borrelia burgdorferi*

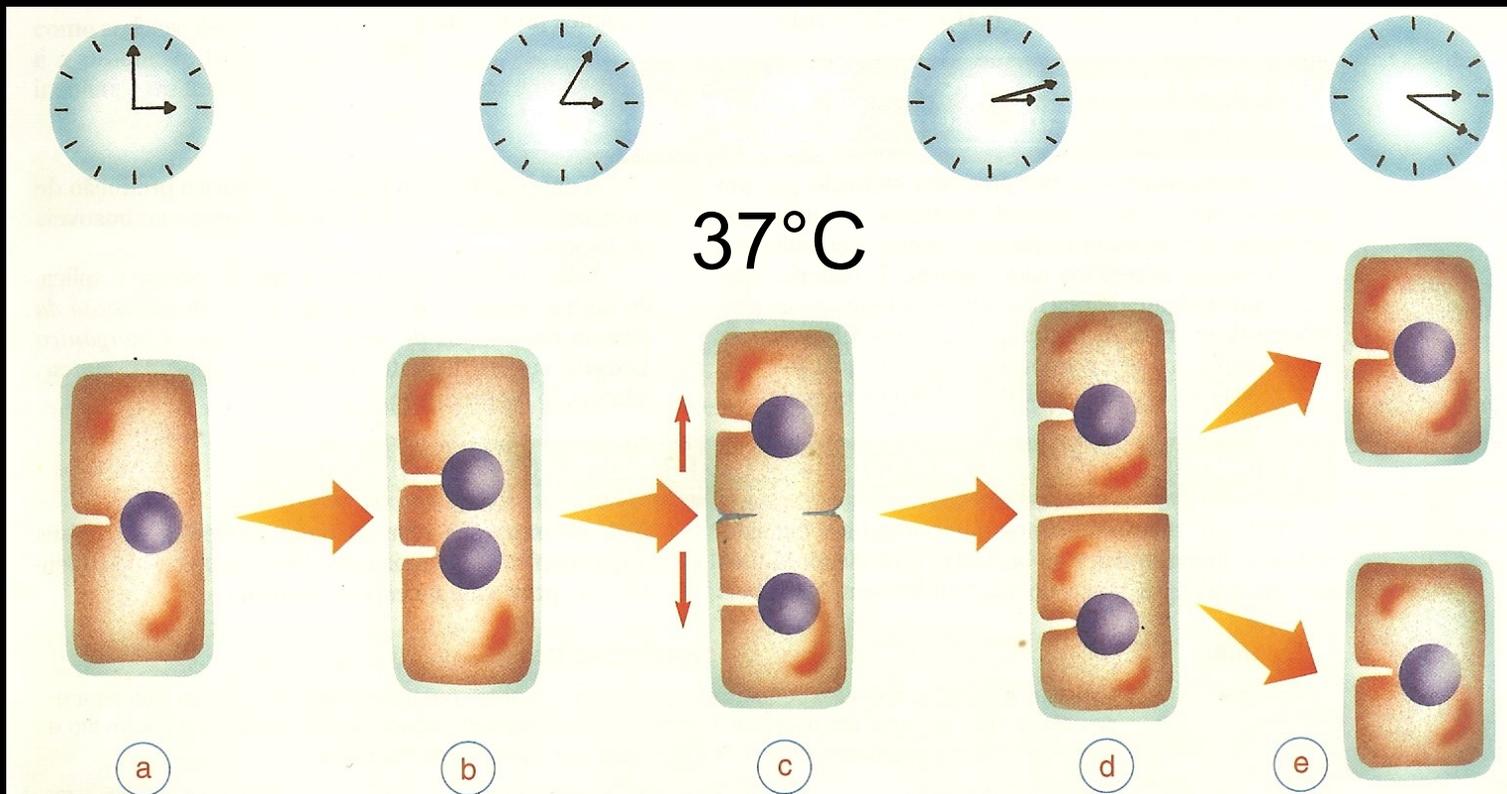


espiroqueta

# Reprodução Bacteriana

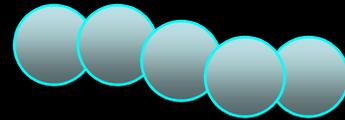
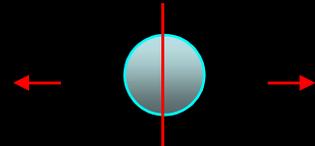
## Divisão Binária

- Reprodução assexuada



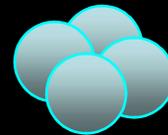
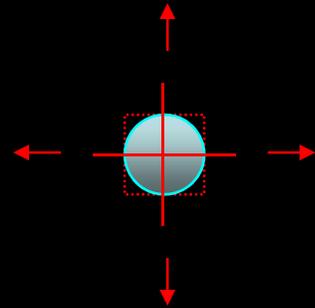
# Arranjo

Um plano



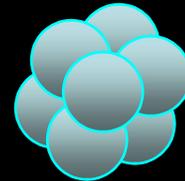
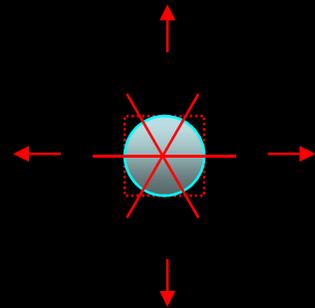
estreptococos

Dois planos



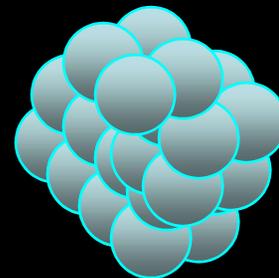
tétrade

Três planos



sarcina

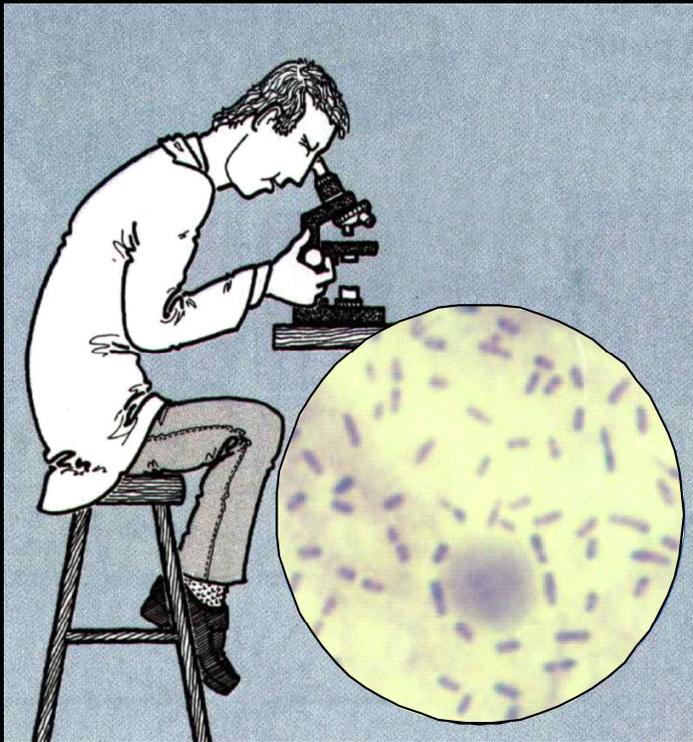
Vários planos



estafilococos

# Bactérias: observação

1. Aumento da Imagem  
(Microscópio)

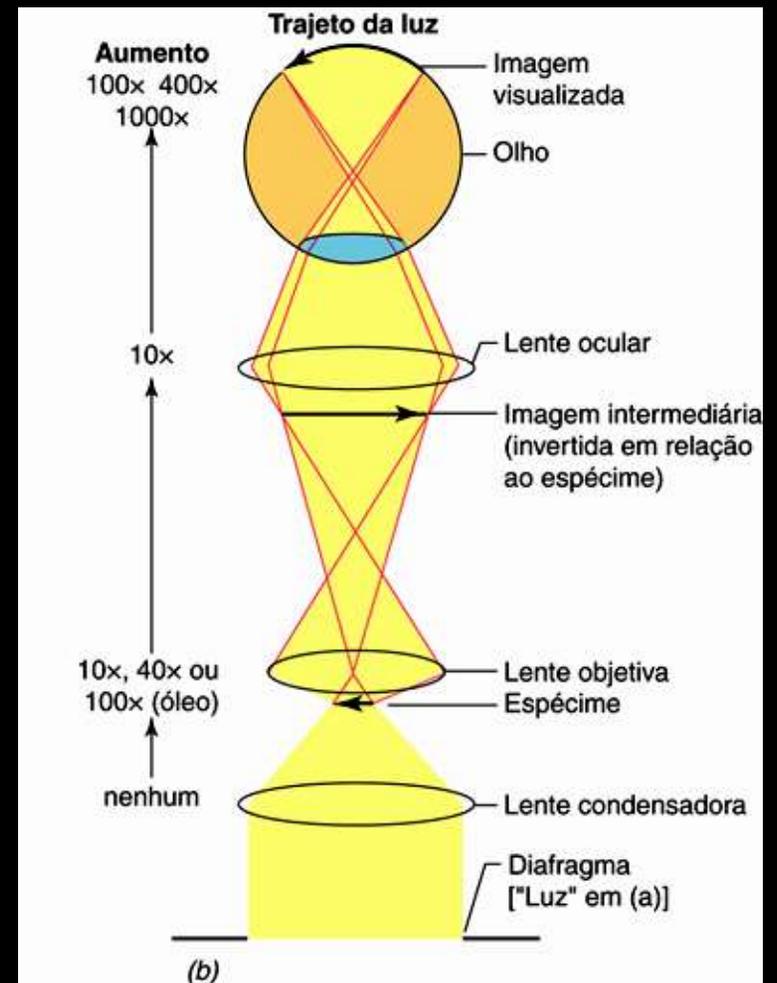
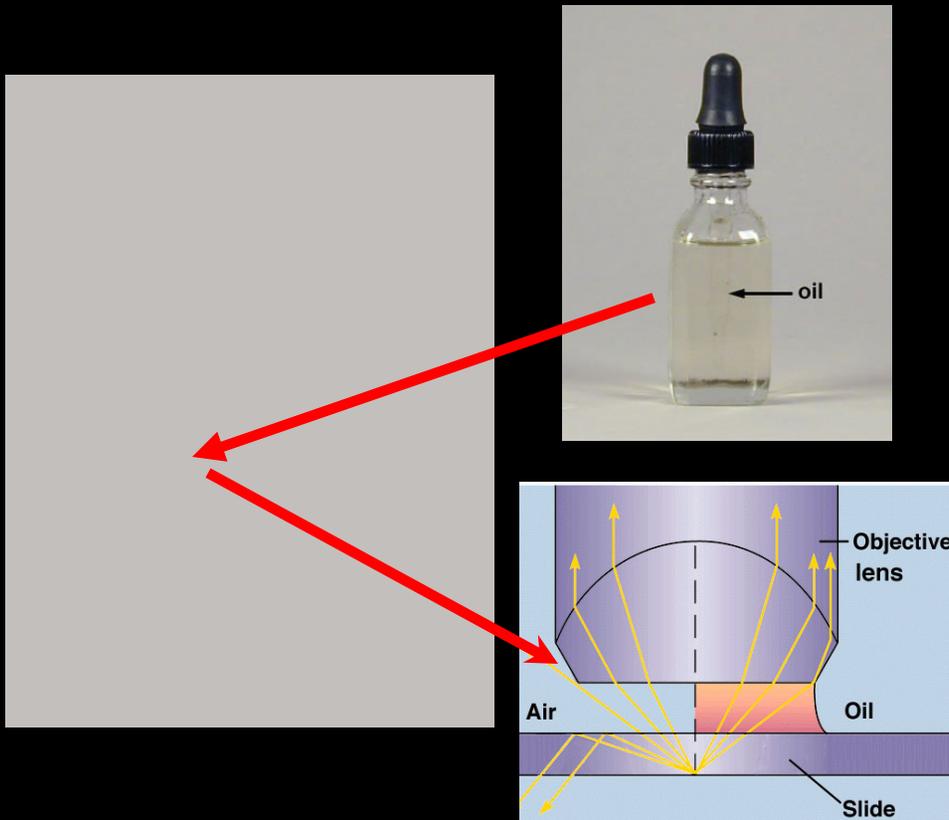


2. Cultivo - Aumento do número de indivíduos  
(olho nu)



# Observação ao Microscópio Óptico

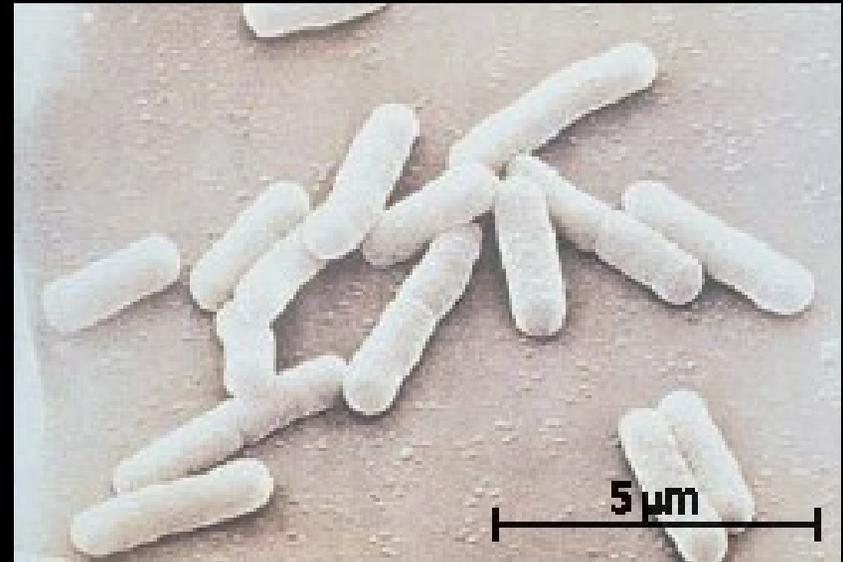
Com objetiva de Maior aumento:  
(Objetiva de Imersão 100x)



# Bactérias: morfologia microscópica

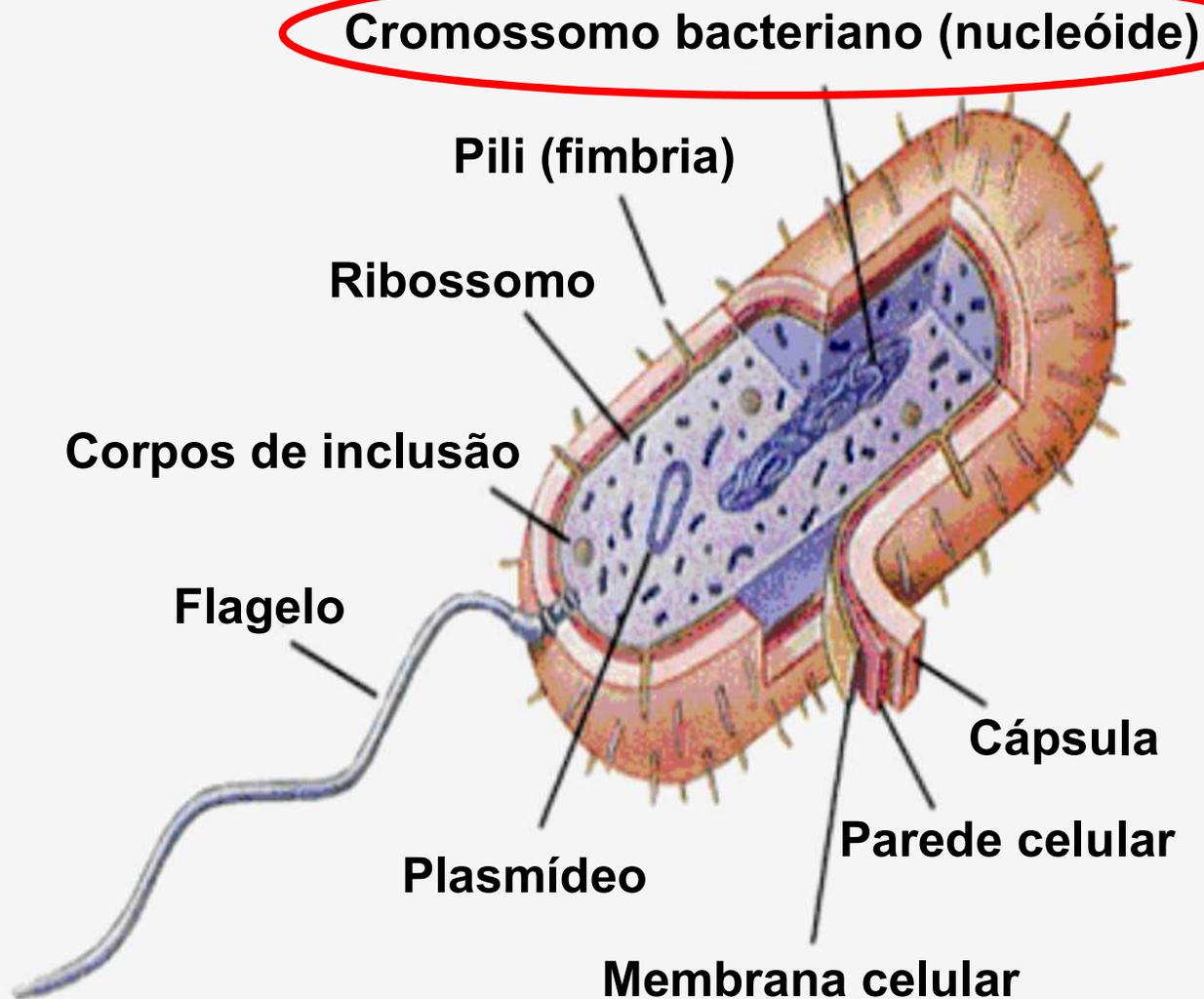


*Staphylococcus aureus*

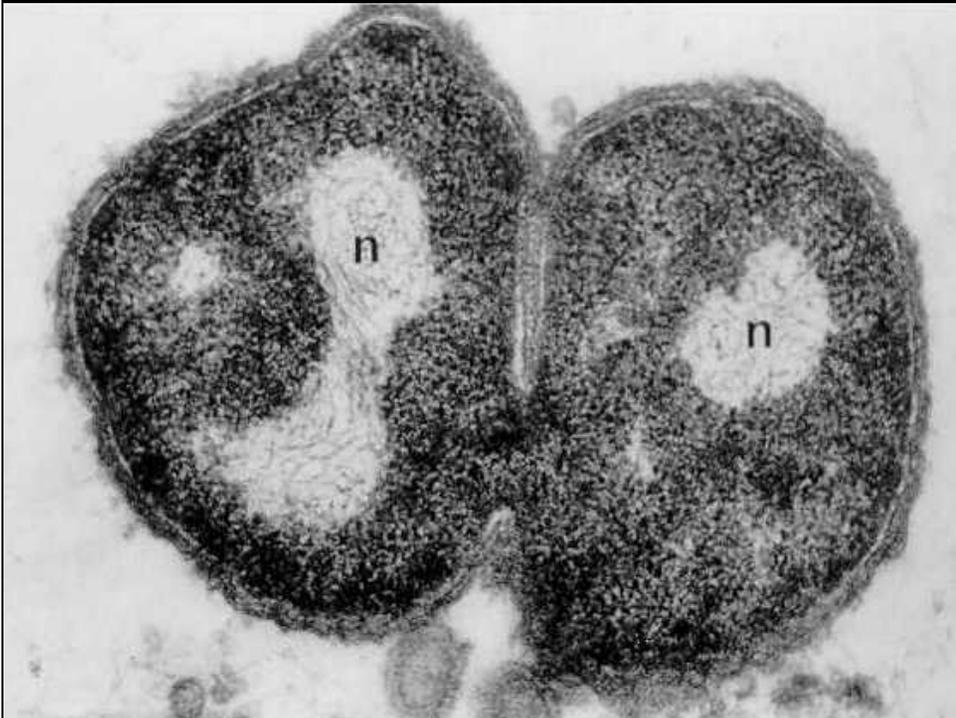


*Escherichia coli*

# Estruturas bacteriana



# Estrutura Bacteriana: Nucleóide

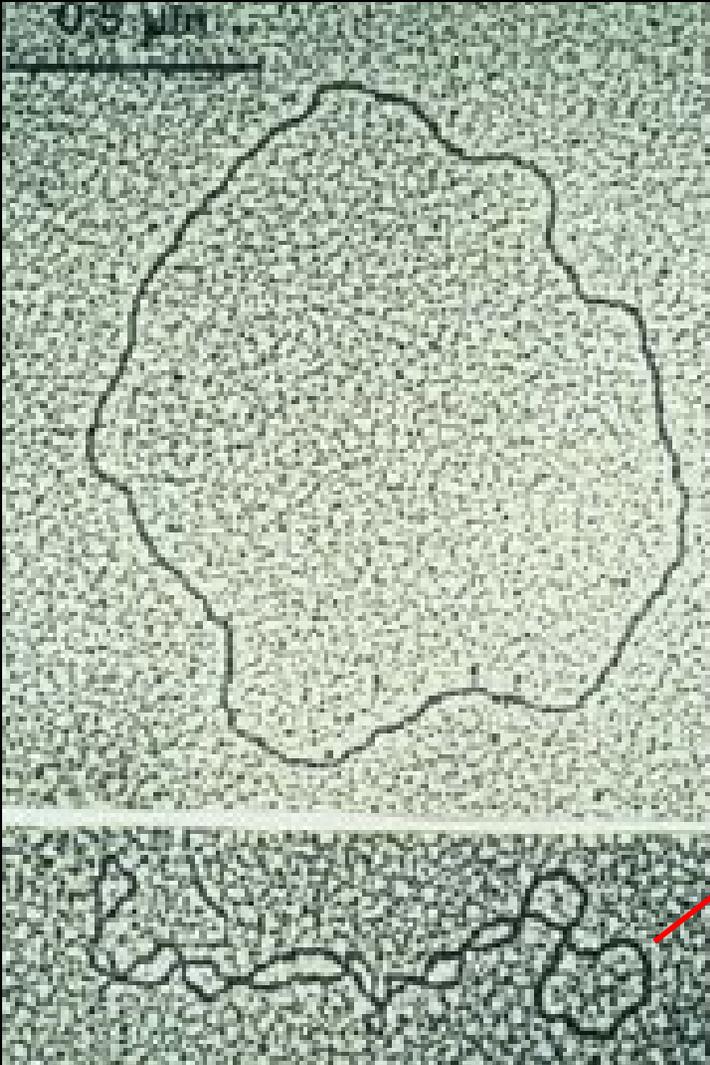


Microscopia eletrônica de *Neisseria gonorrhoeae*

Emaranhado de DNA circular sem membrana nuclear.

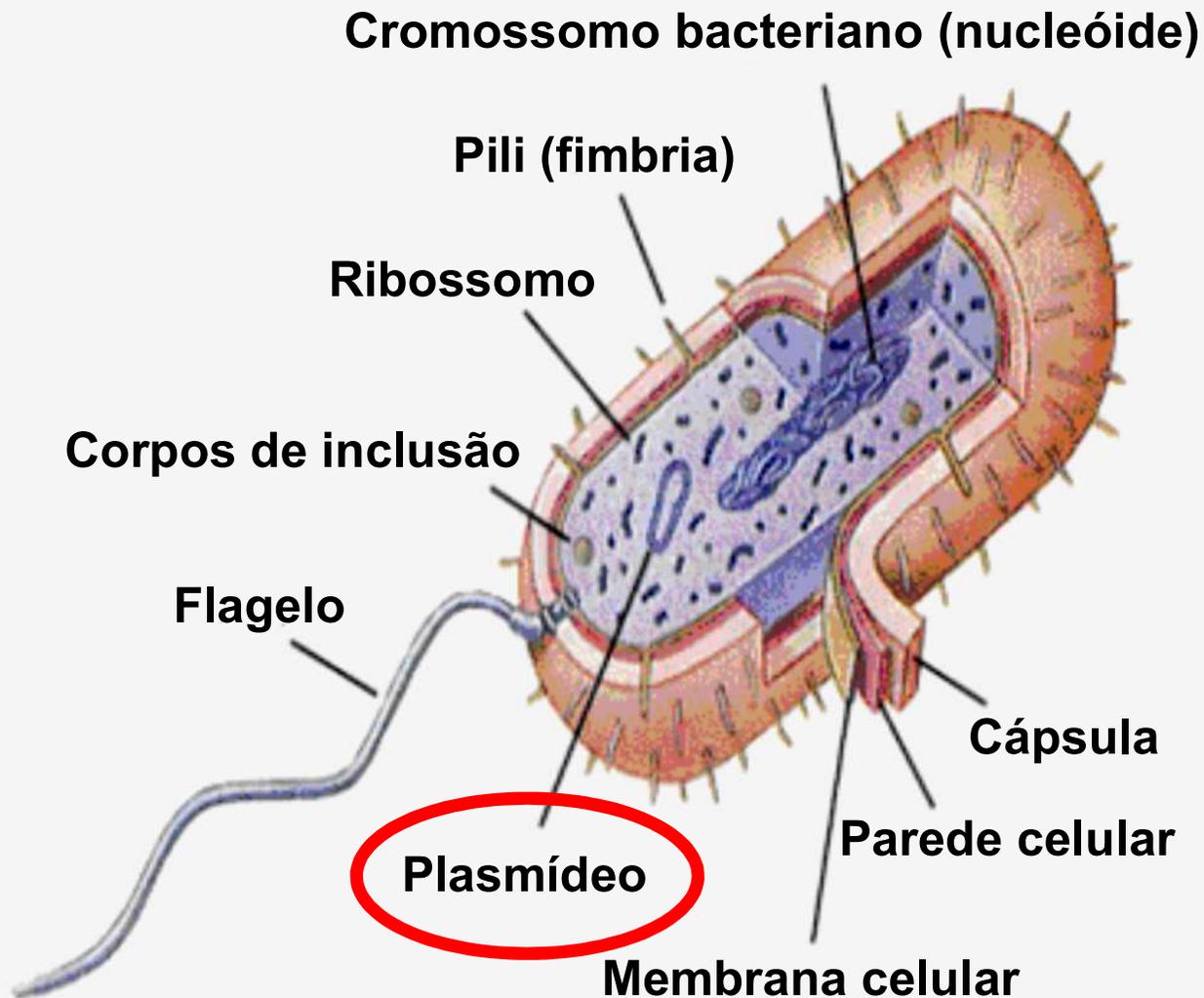
Em *Escherichia coli*, o genoma tem quase 5 milhões de pares de bases (o genoma humano tem 3 mil milhões de pares de bases).

# Estrutura Bacteriana: DNA

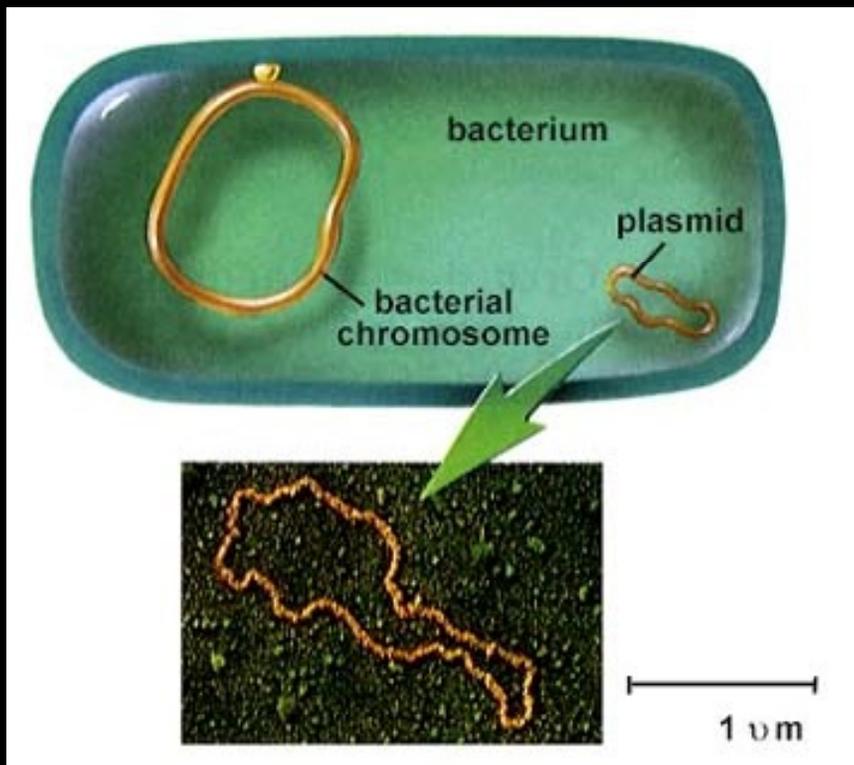


DNA girase e topoisomerase IV são topoisomerasas que permitem que o DNA de dupla fita tenha uma forma super enrolada (*supercoiled*)

# Estrutura bacteriana

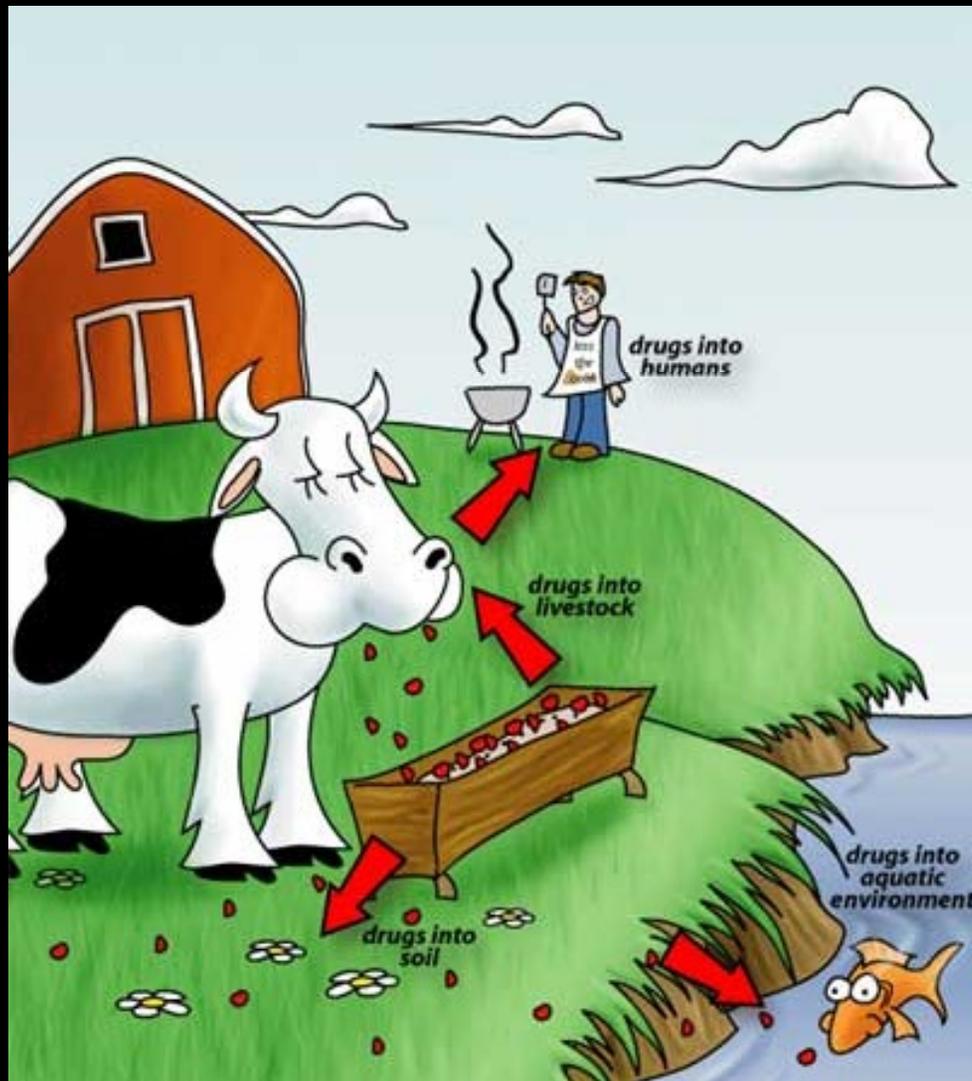


# Estrutura Bacteriana: plasmídeos

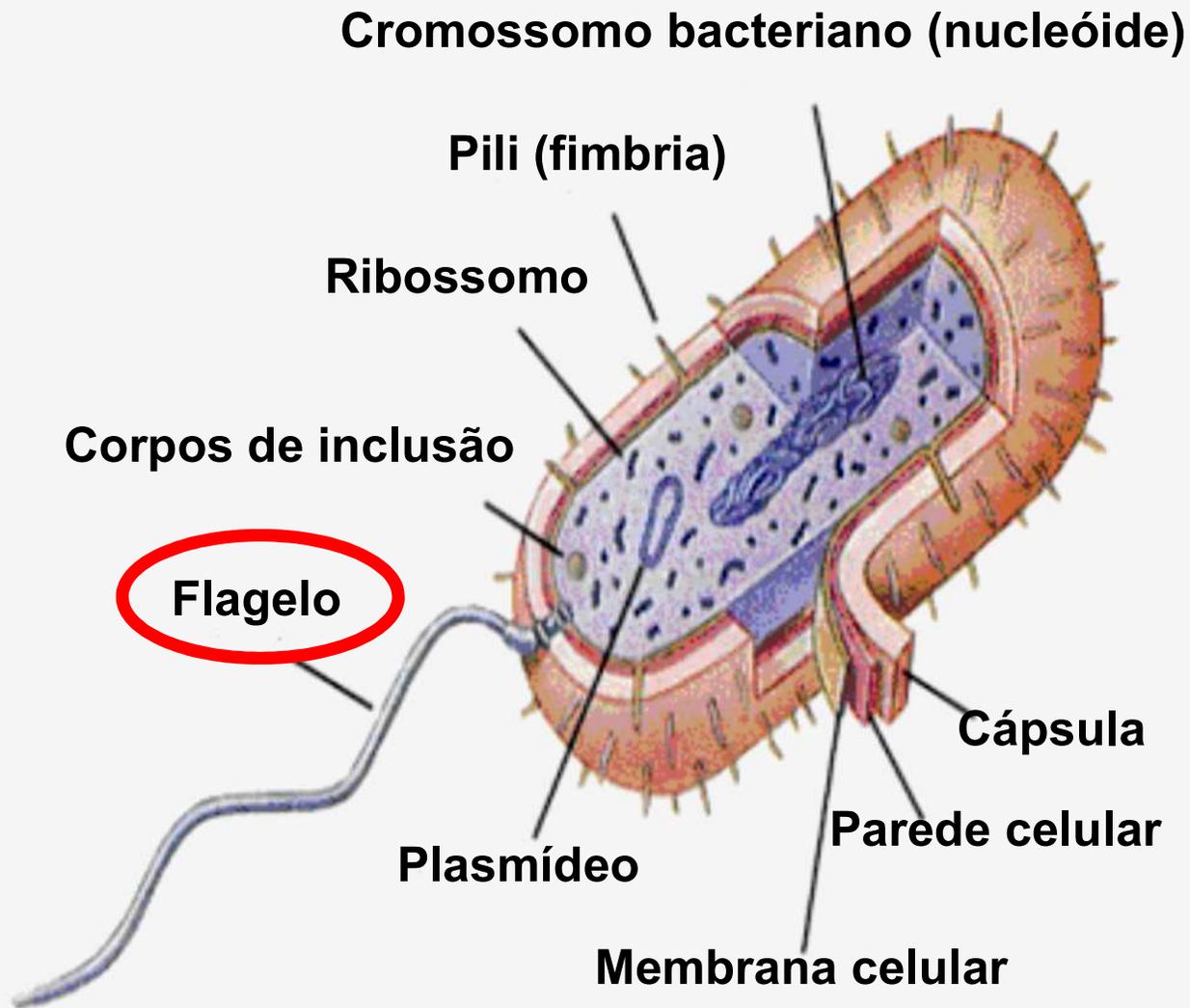


Os plasmídeos circulares são pequenas moléculas de DNA que coexistem com o nucleóide. **Geralmente são transferidos na reprodução sexuada.** Os plasmídeos carregam **genes de resistência** aos antibióticos e **genes de virulência**.

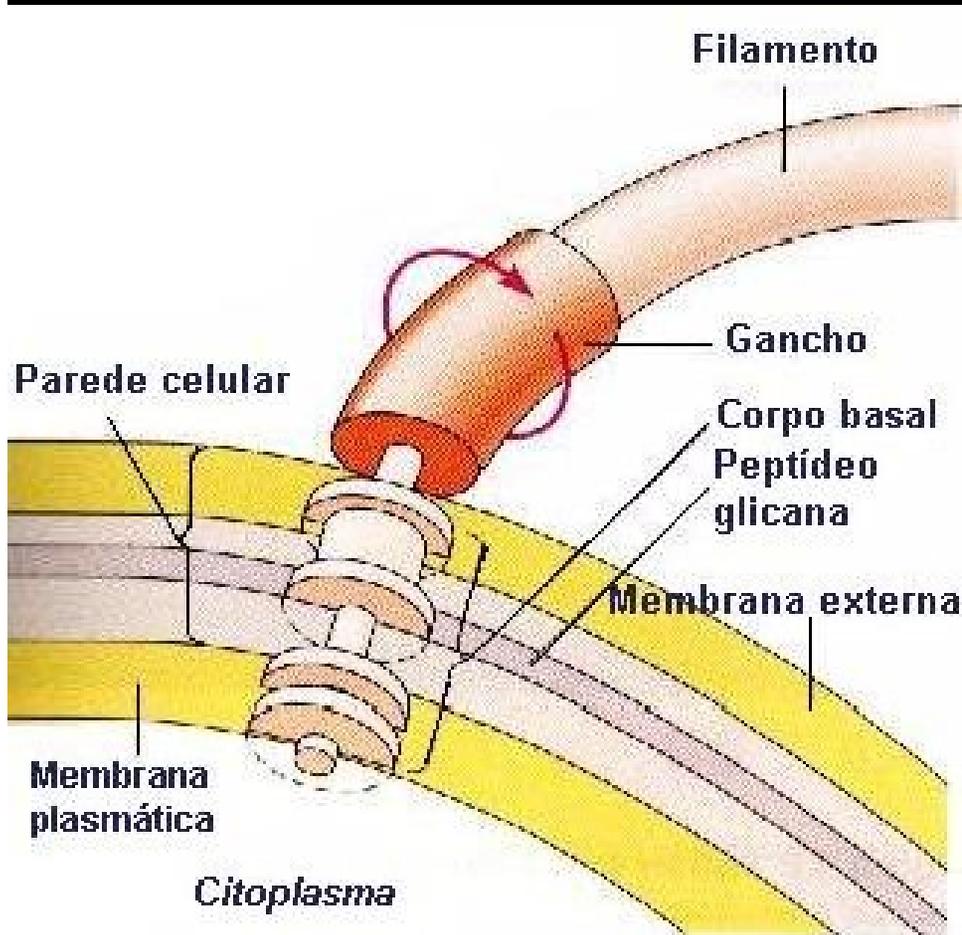
# Estrutura Bacteriana: plasmídeos = resistência



# Estrutura bacteriana



# Estrutura bacteriana: flagelo



1) Filamentos protéicos da superfície bacteriana utilizados para **mobilização (quimiotaxis)**.

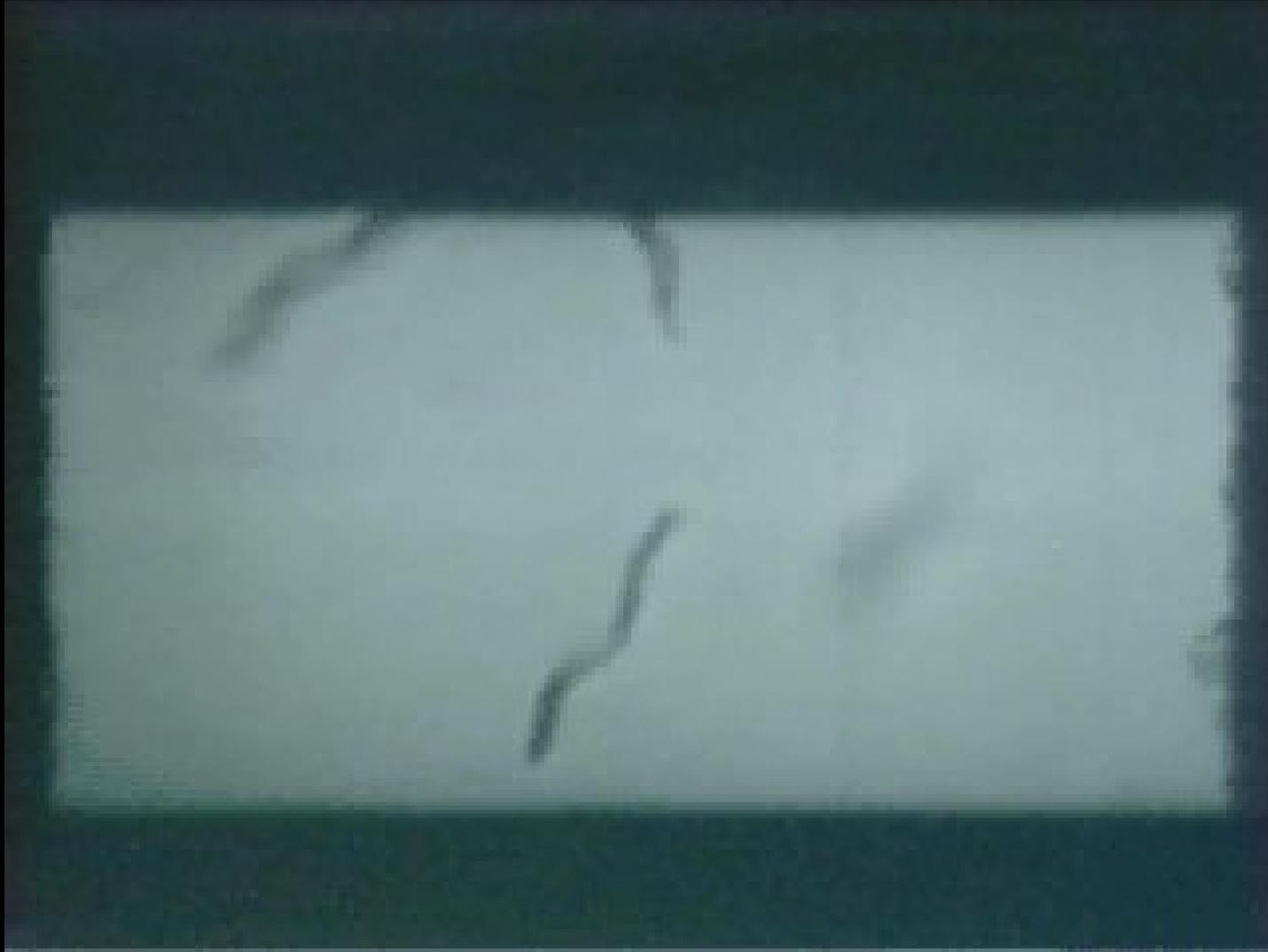
2) 3 – 12  $\mu\text{m}$  comprimento x 12 – 30 nm diâmetro

3) Formado por: filamento, gancho, e corpo basal

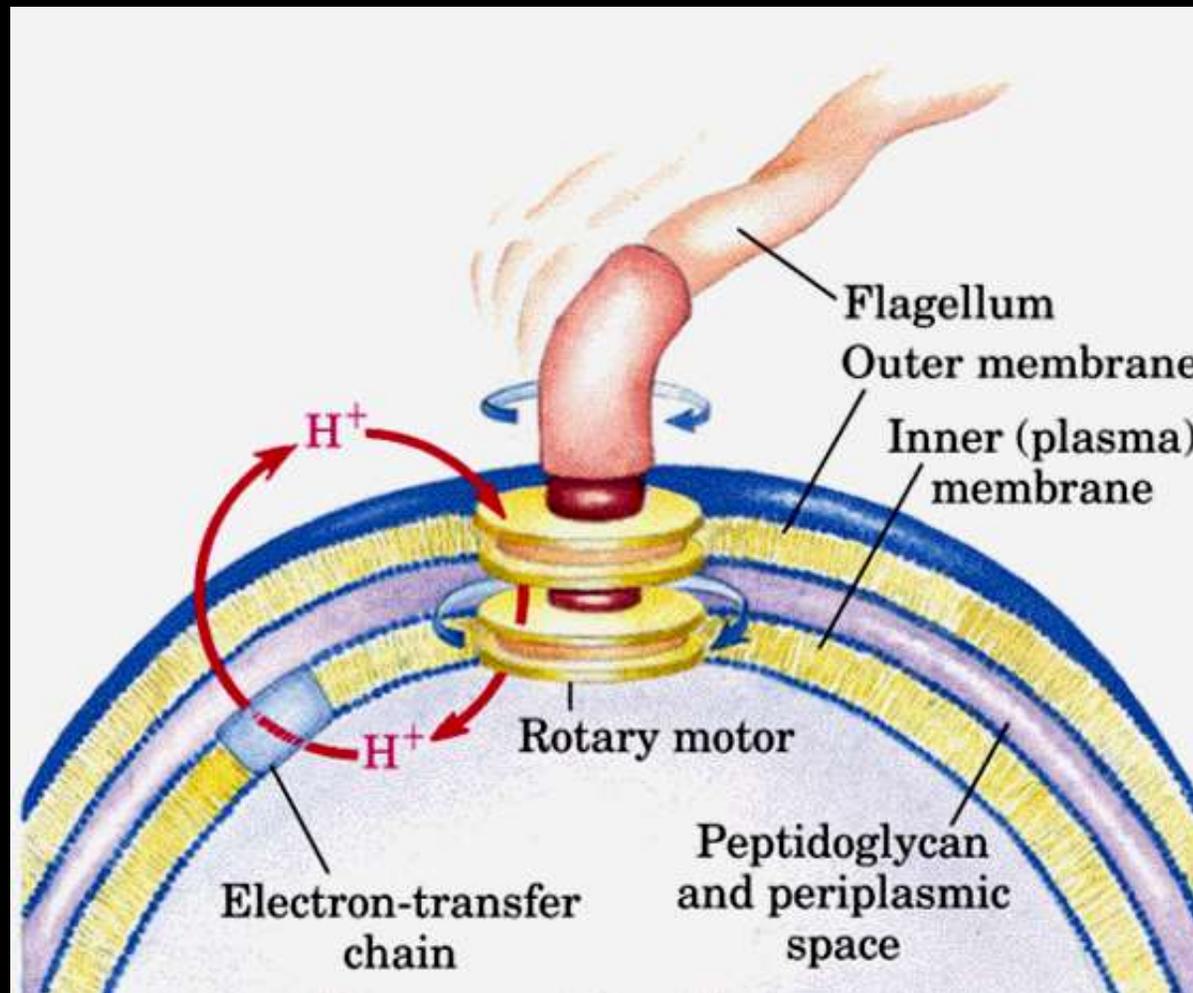
4) Immunogênico (antígenos H)

# Estrutura bacteriana: flagelo

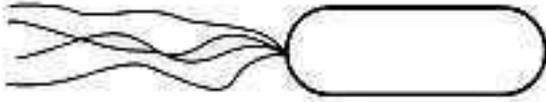
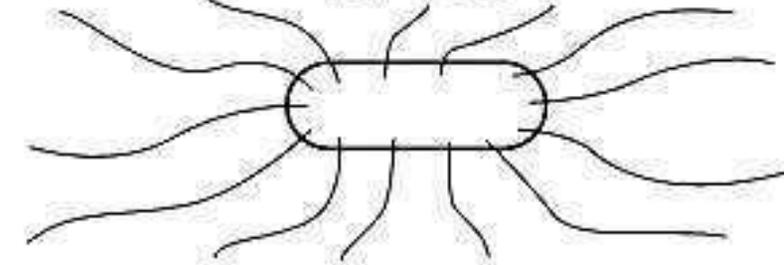
---



# Estrutura bacteriana: flagelo

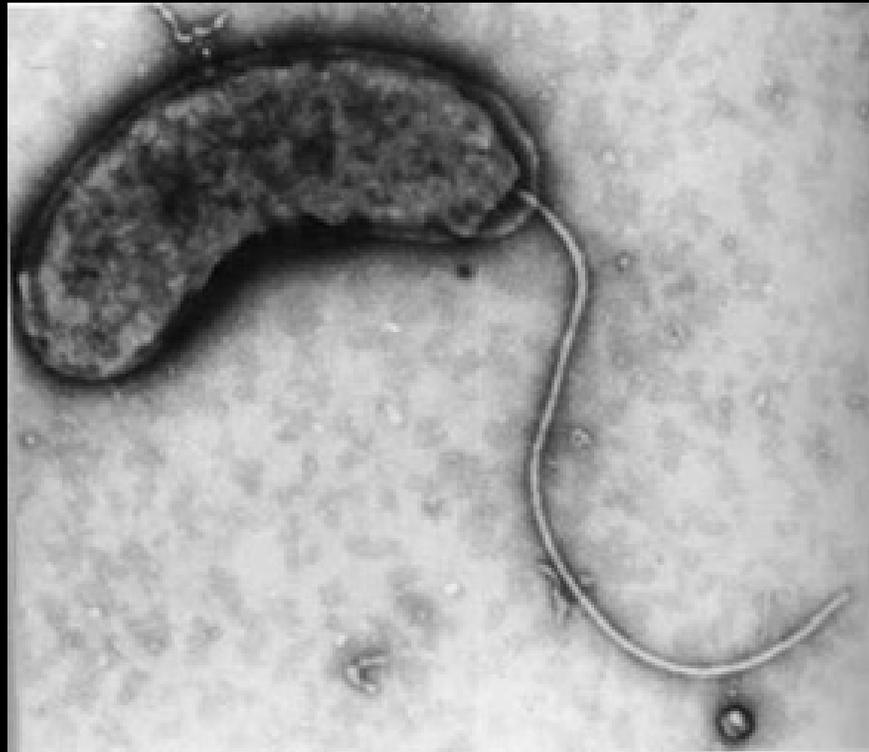


# Estrutura bacteriana: flagelo

Estrutura	Tipo de flagelo	Exemplo
	Monotríqueo	<i>Vibrio cholerae</i>
	Lofotríqueo	<i>Bartonella baciliformes</i>
	Anfitríqueo	<i>Spirillum serpens</i>
	Peritríqueo	<i>Escherichia coli</i>

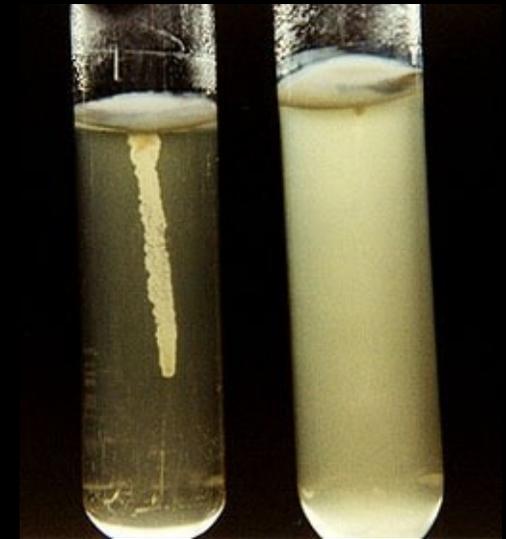
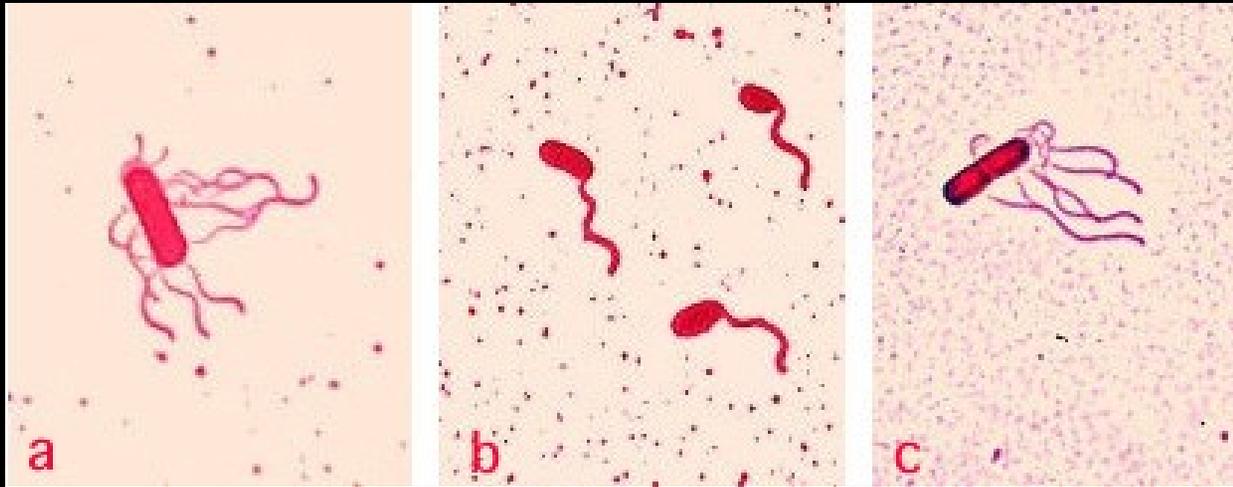
O número e distribuição de flagelos são característicos para algumas espécies, sendo úteis para a identificá-las.

# Estrutura bacteriana: flagelo



Flagelo monotríqueo: *Vibrio cholera*

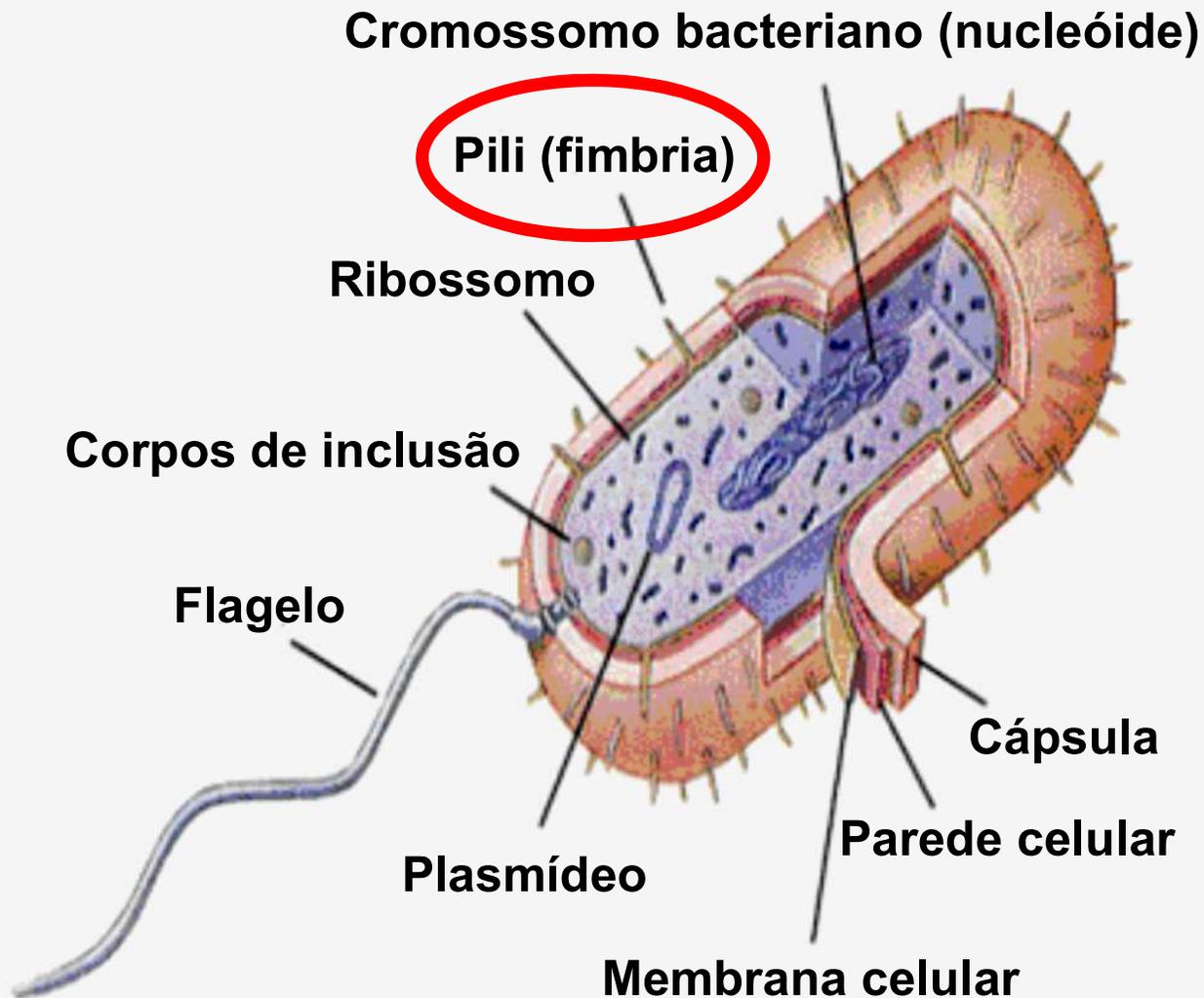
# Estrutura bacteriana: flagelo



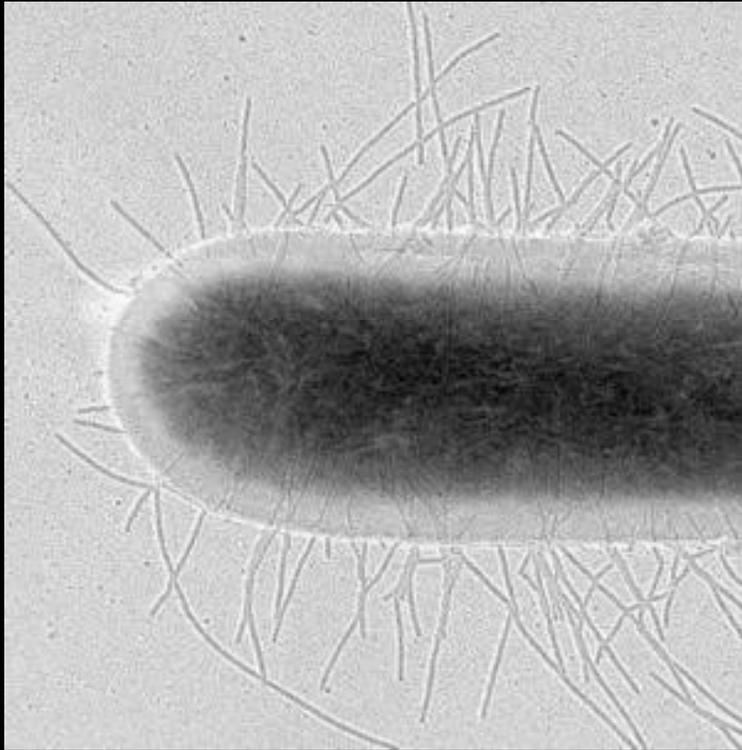
Coloração de falgelos: a) *Bacillus cereus*; b) *Vibrio cholerae*; c) *Bacillus brevis*. **Coloração de Leifson** (corantes e outros compostos precipitam ao longo do flagelo aumentando seu diâmetro efetivo).

Motilidade positiva (direita); motilidade negativa (esquerda).  
*E. coli*.

# Estrutura bacteriana



# Estrutura bacteriana: pili



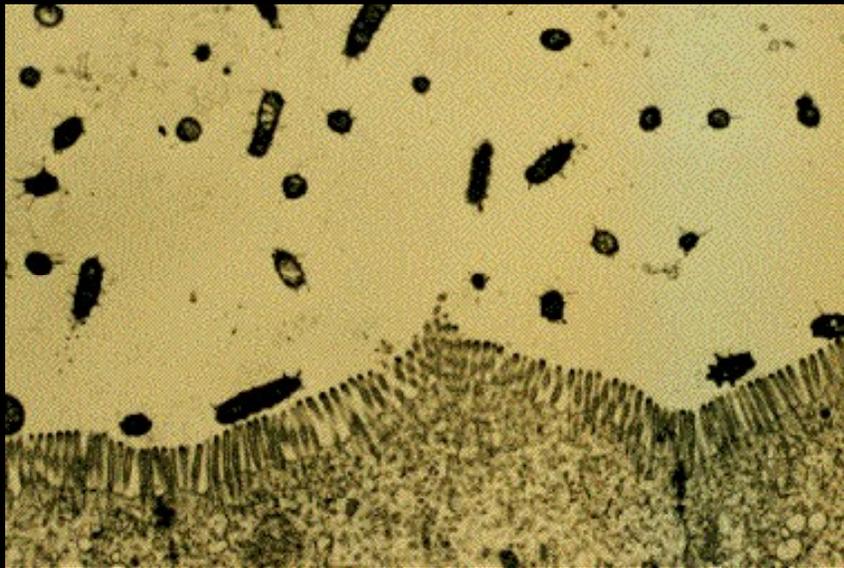
Filamentos protéicos rígidos

1,5 nm de largura x 4-8 nm comprimento

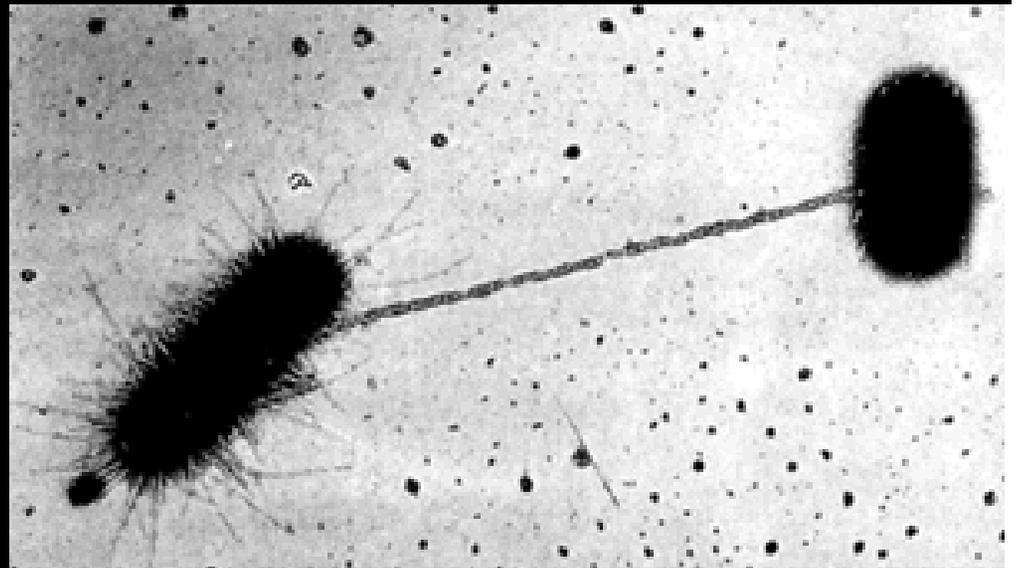
**Pili de adesão (curto, fator de colonização) com especificidade de receptor.**

Pili sexual (longo, transferência de plasmídeos conjugativos)

# Estrutura bacteriana: pili

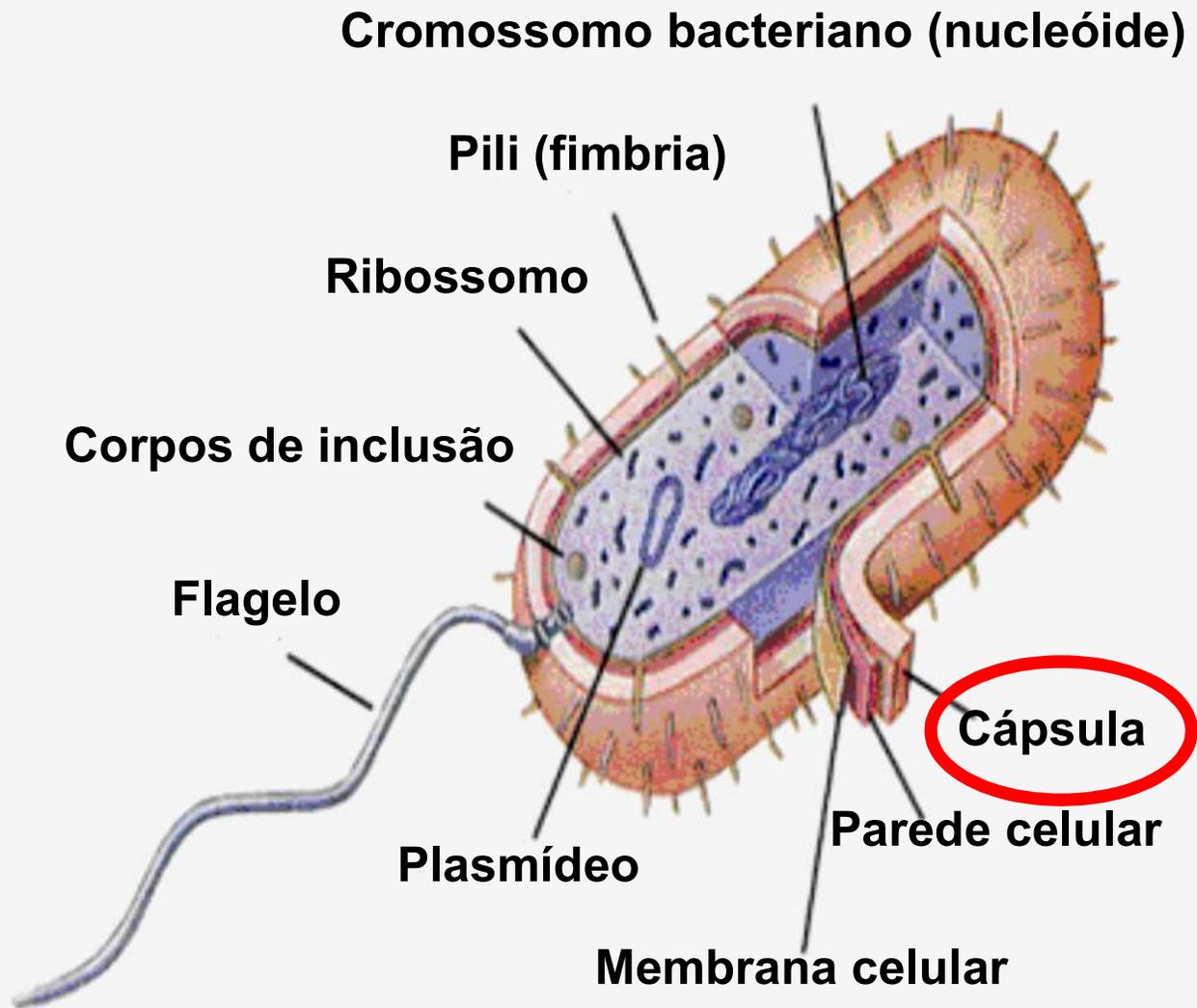


*Escherichia coli* (pili de adesão ou fimbria  
Tipo 1, CFA1, CFA2)  
Adesão à célula gastrointestinal



*Escherichia coli* (Pili F ou sexual)

# Estrutura bacteriana



# Estrutura bacteriana: cápsula

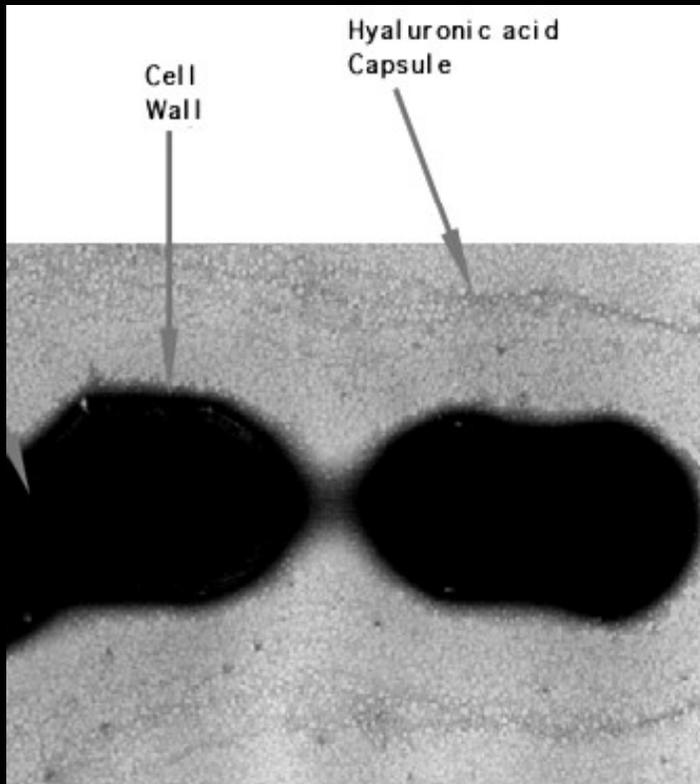
Camada de polímero mais externa produzida por algumas bactérias

Polissacarídeo de alto peso molecular com aspecto de gel.

**Confere resistência à fagocitose**

Uma outra estrutura similar à cápsula denomina-se *slime*, a qual origina o *biofilm*

Constitui antígeno capsular (*K*)



# Estrutura bacteriana: cápsula



Confere resistência à fagocitose e à ação dos anticorpos

Confere resistência aos antibióticos

Confere resistência à dessecação

Favorece a adesão bacteriana às superfícies

Favorece a formação do biofilme

Outorga o fenótipo mucóide à bactéria (chiclete)

# Estrutura bacteriana: cápsula

---

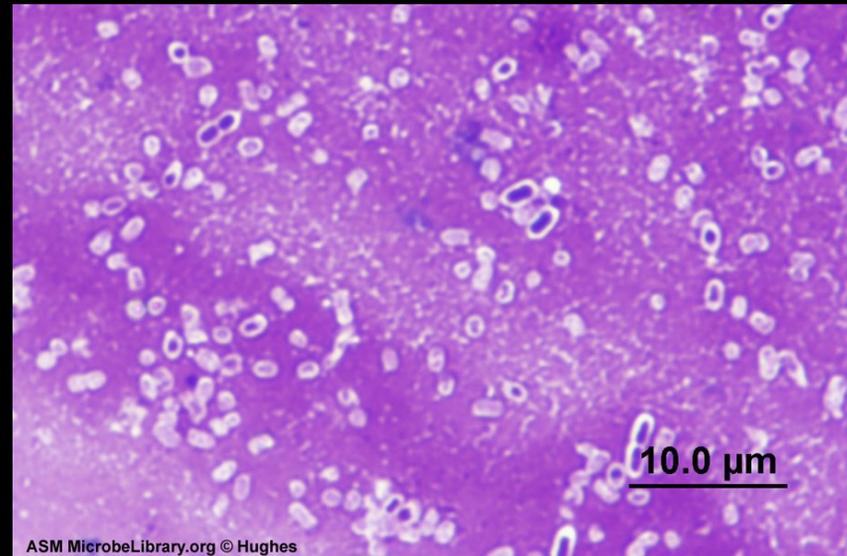
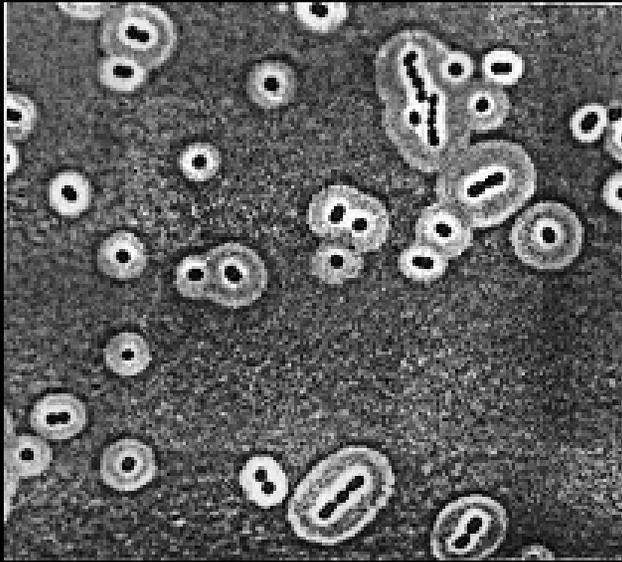


# Estrutura bacteriana: cápsula

---



# Estrutura bacteriana: cápsula



*Coloração da cápsula bacteriana com tinta da China (coloração negativa) e fucsina (*Streptococcus pneumoniae*)*

# Estrutura bacteriana: cápsula

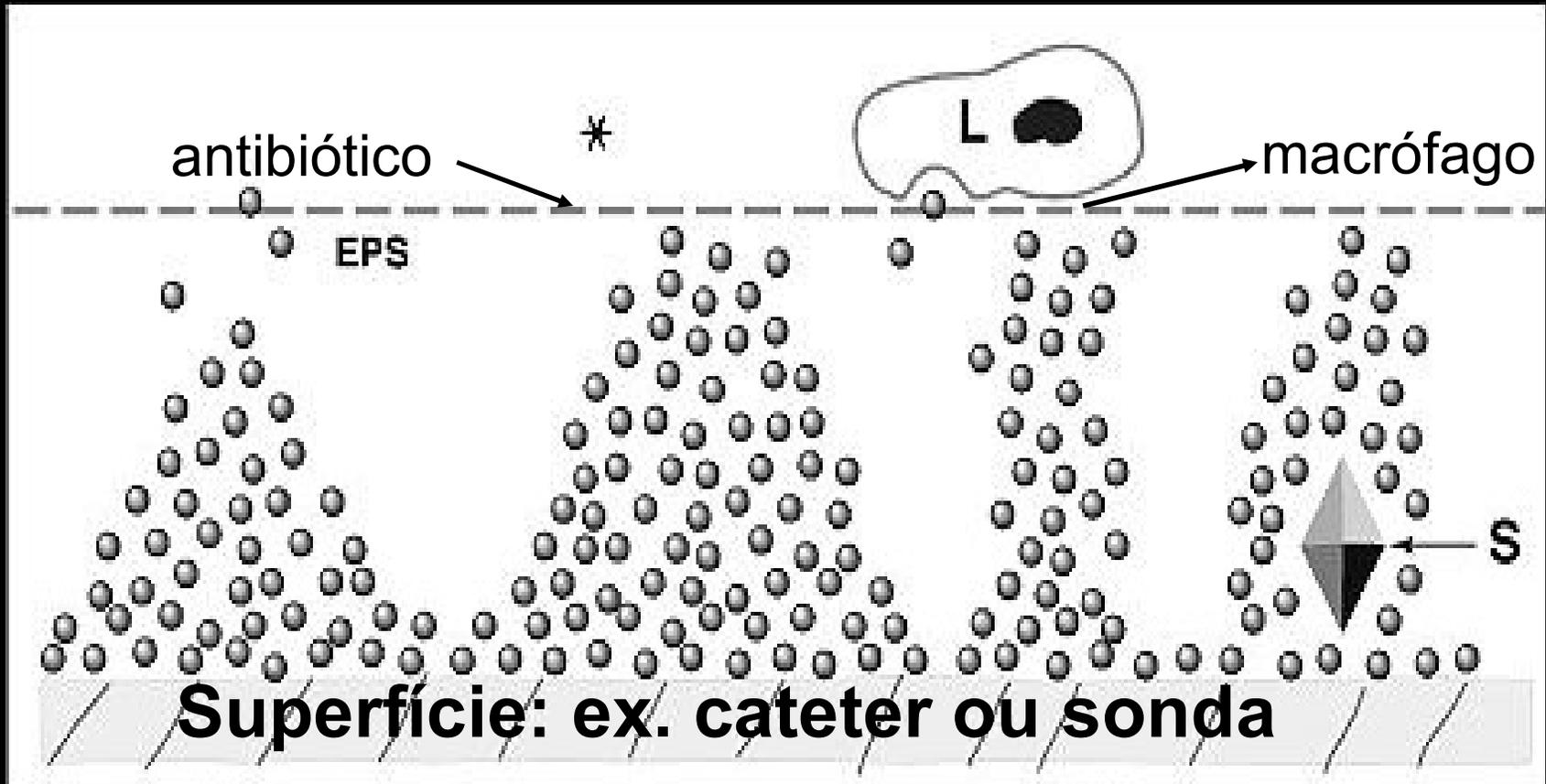


*Streptococcus mutans* sintetiza glucano a partir de sacarose formando placa bacteriana

# Estrutura bacteriana: biofilme

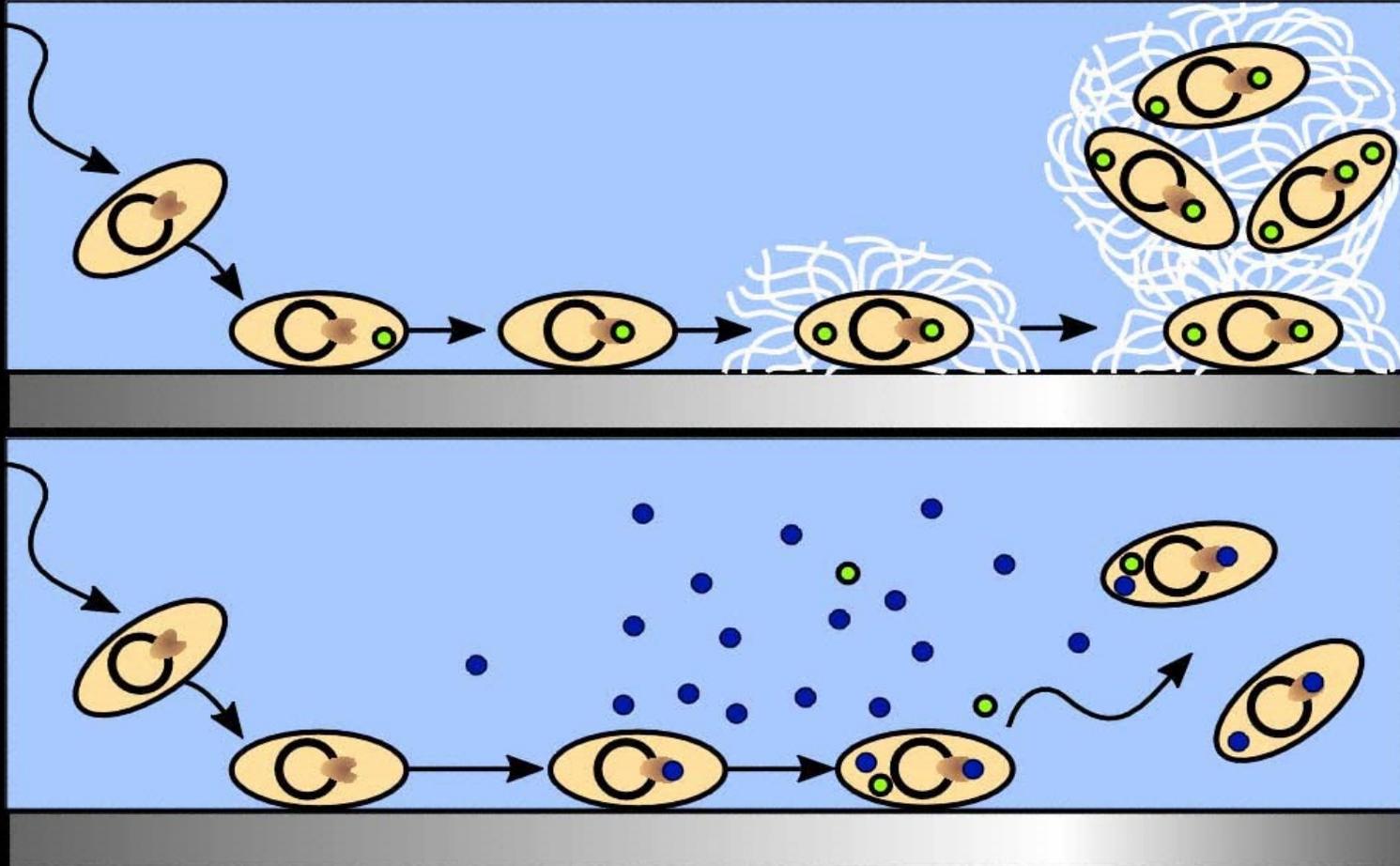


# Estrutura bacteriana: biofilme



*Algumas bactérias produzem uma matriz de slime*

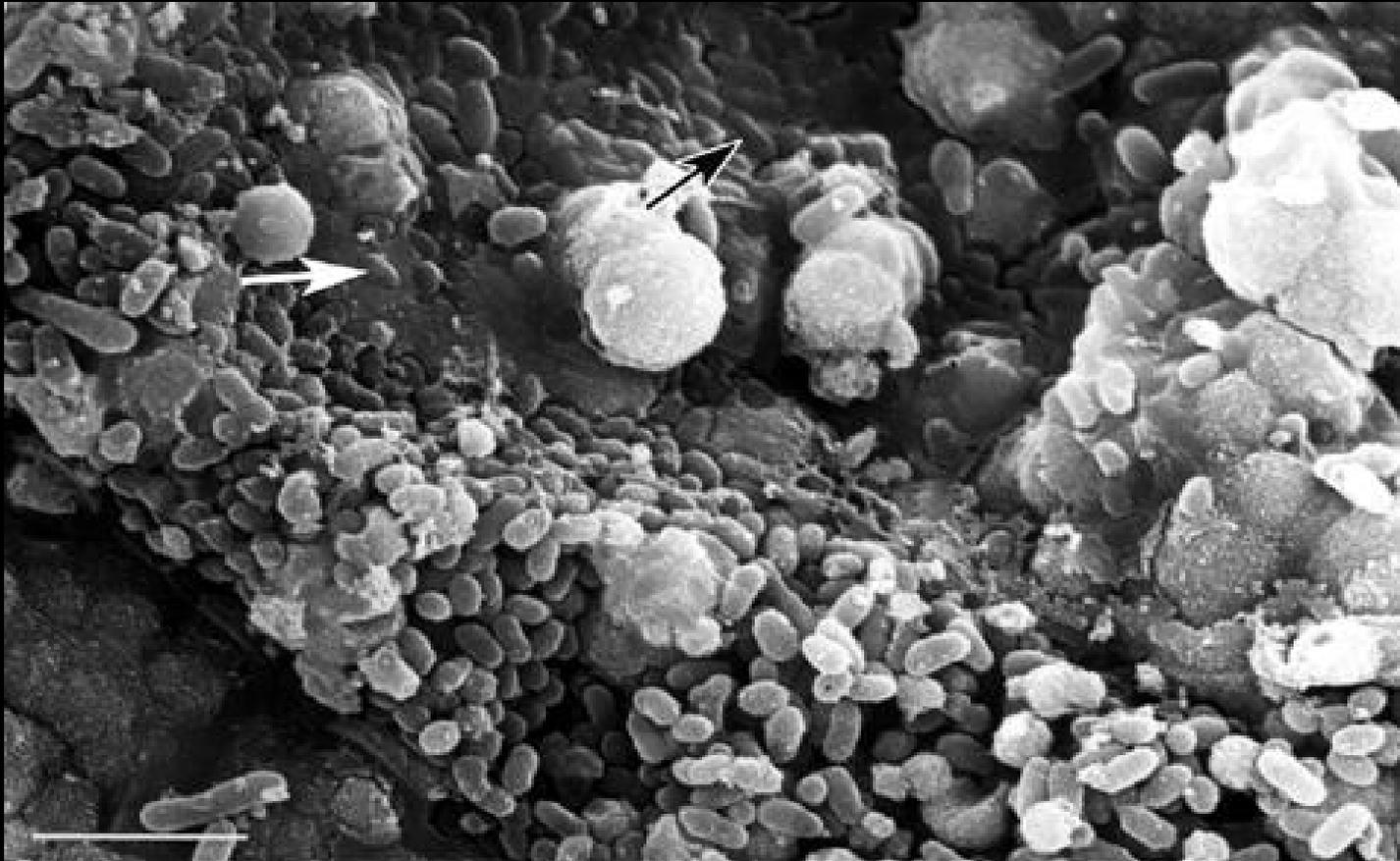
# Estrutura bacteriana: biofilme



213597cs

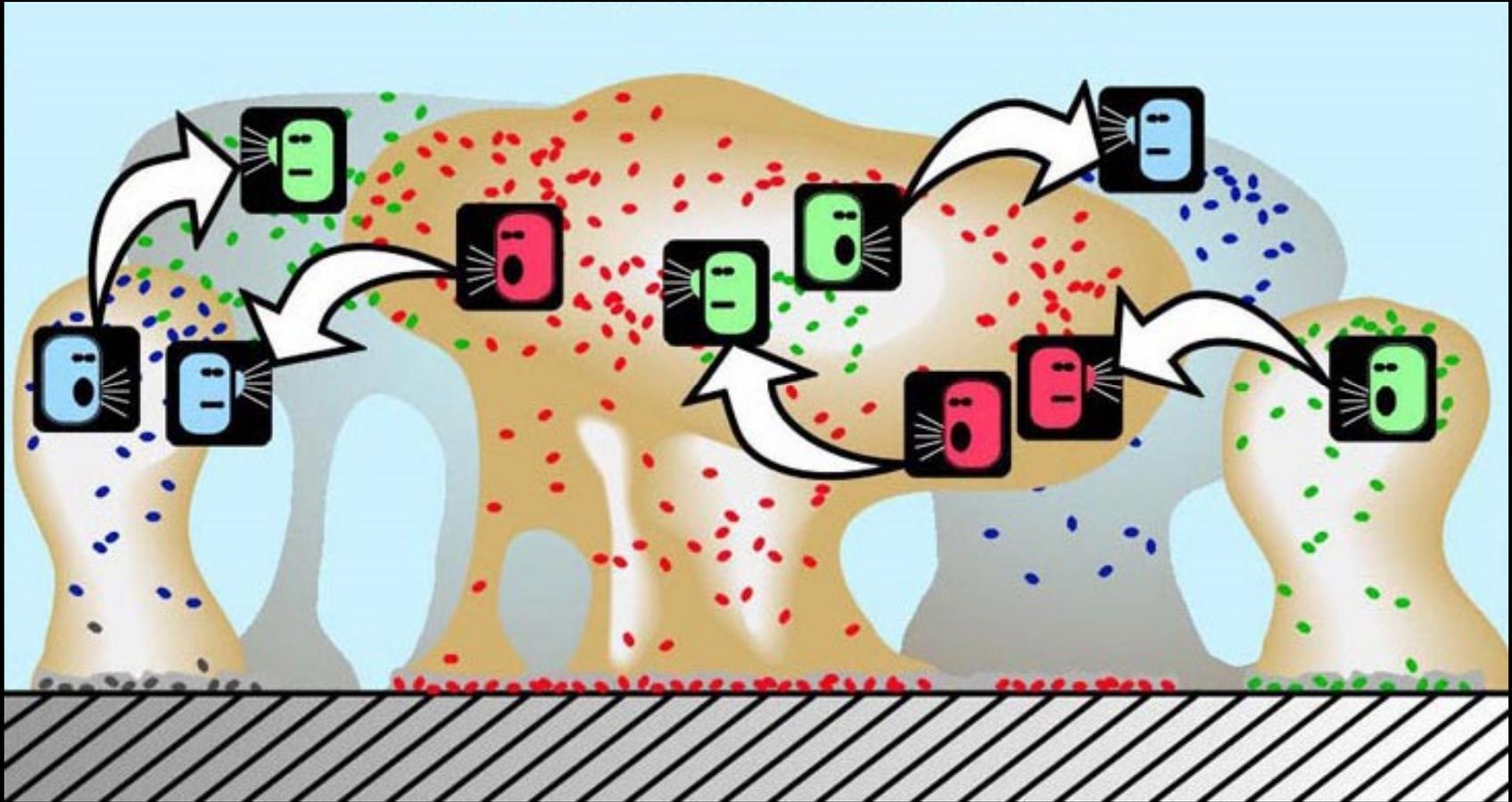
Formação de biofilm

# Estrutura bacteriana: biofilme



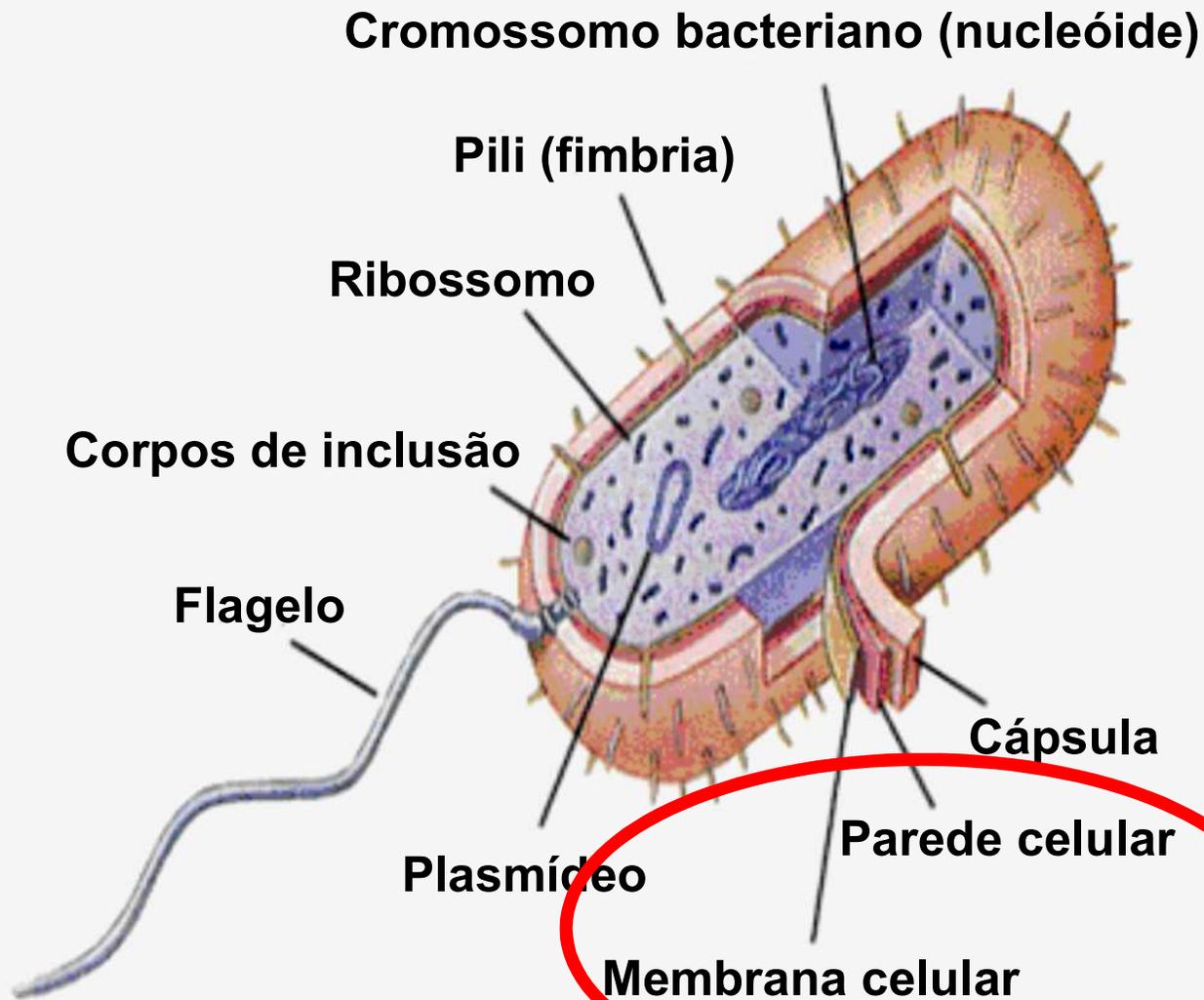
Microscopia eletrônica de biofilme (cateter)

# Estrutura bacteriana: biofilme

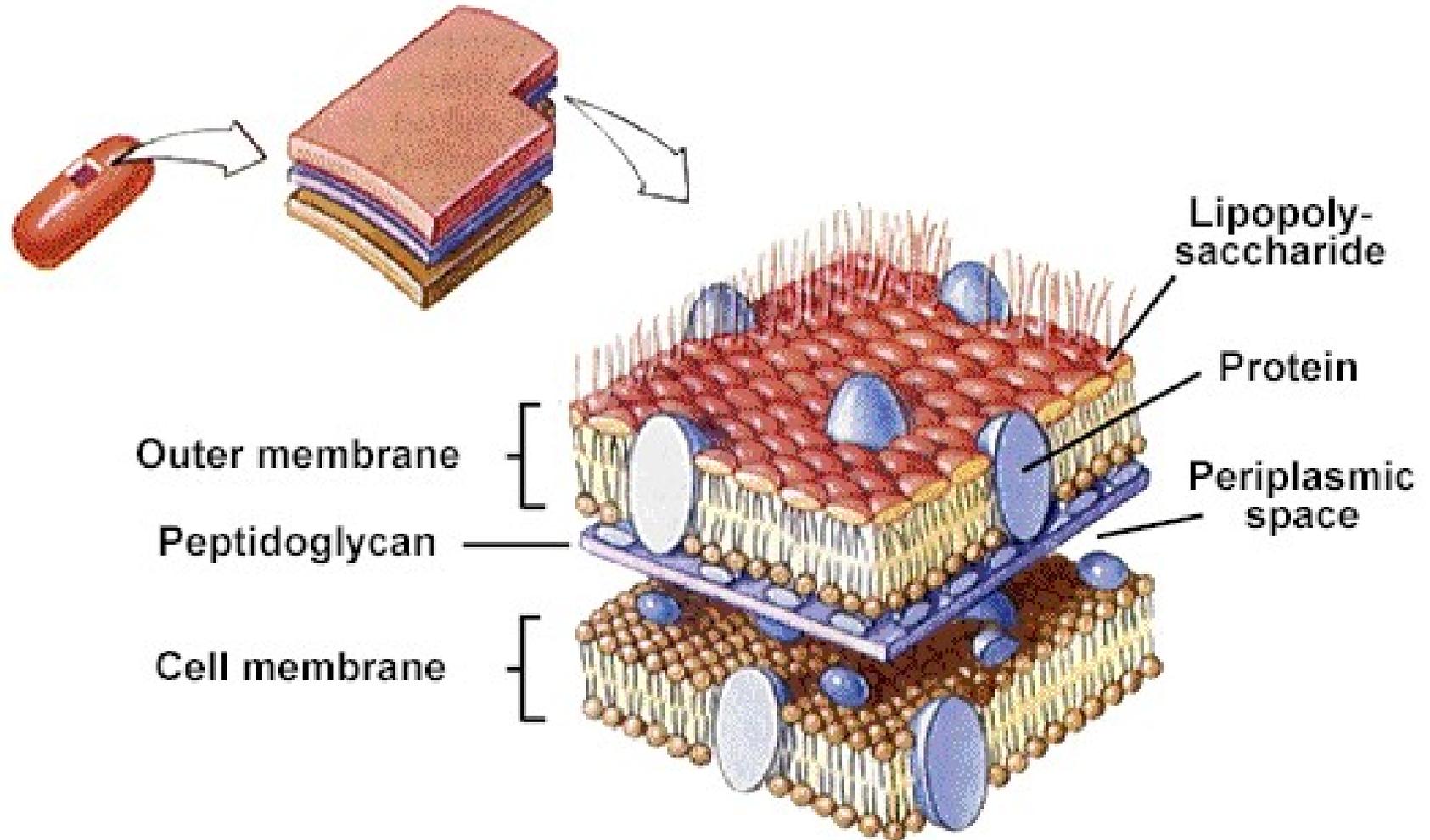


**sinalização célula-célula**

# Estrutura bacteriana

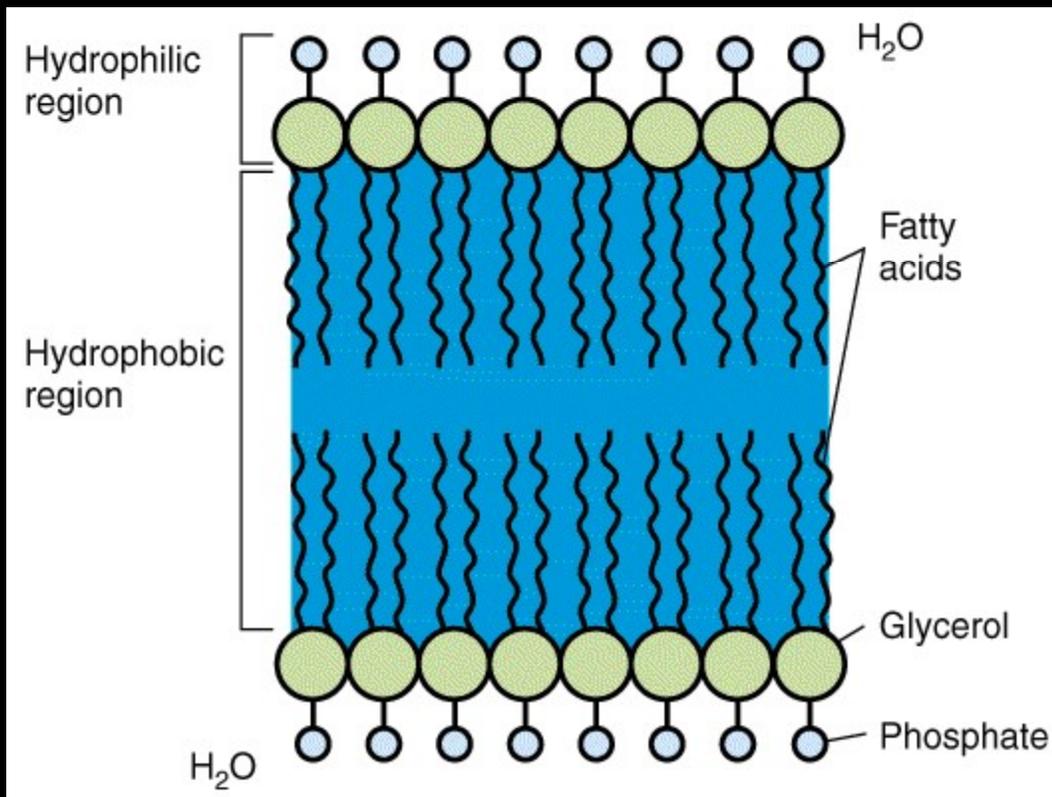


# Estrutura bacteriana



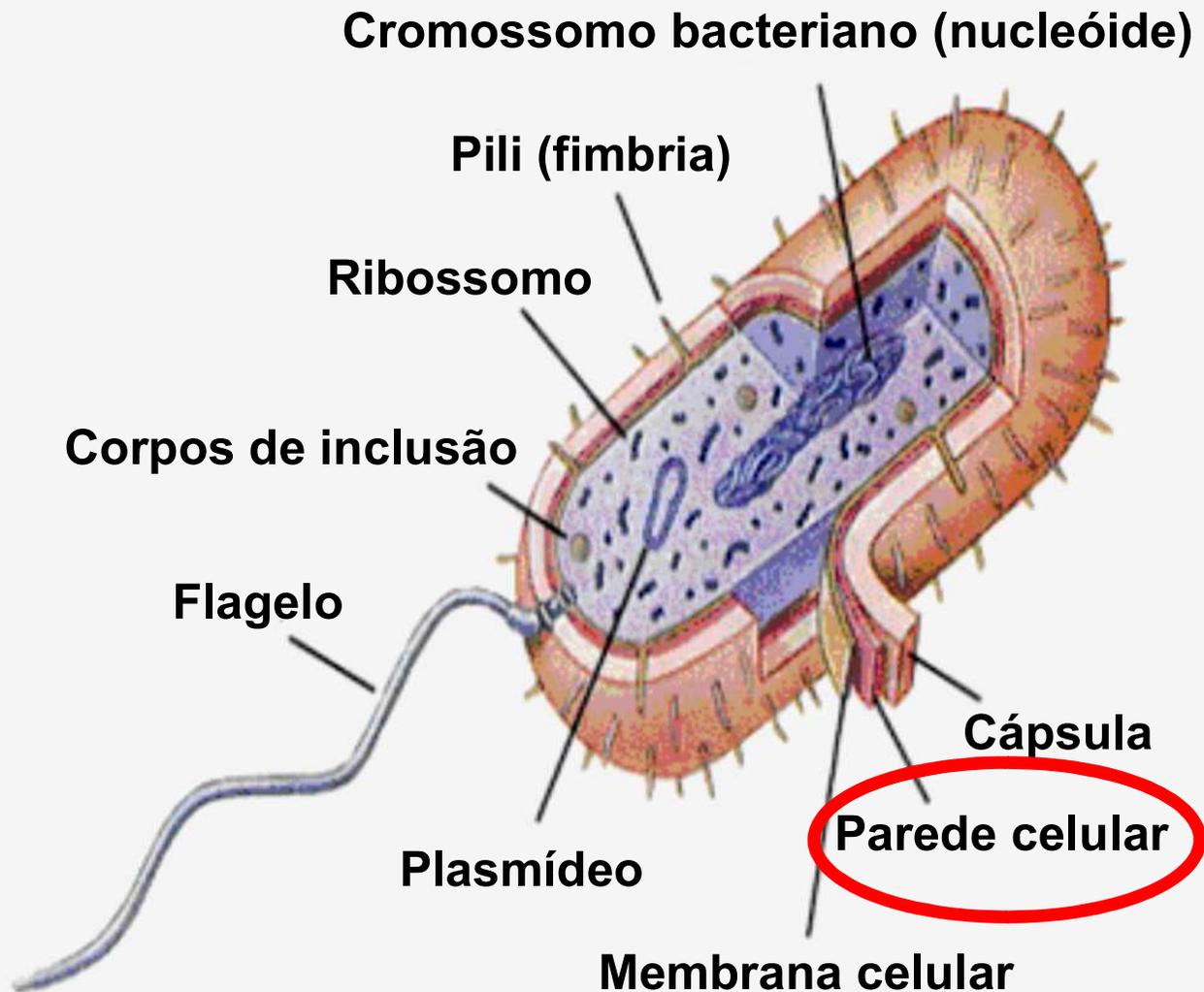
# Estrutura bacteriana

## MEMBRANA INTERNA

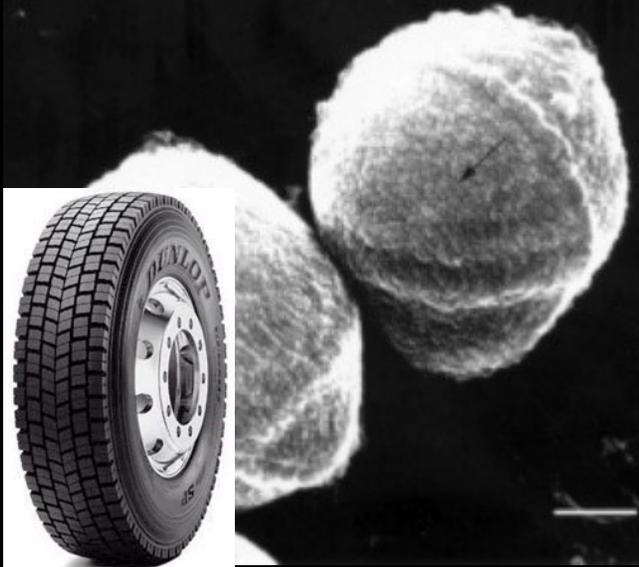


1. Transporte de solutos
2. Produção de energia por transporte de elétrons e fosforilação oxidativa

# Estrutura bacteriana



# Estrutura bacteriana: parede



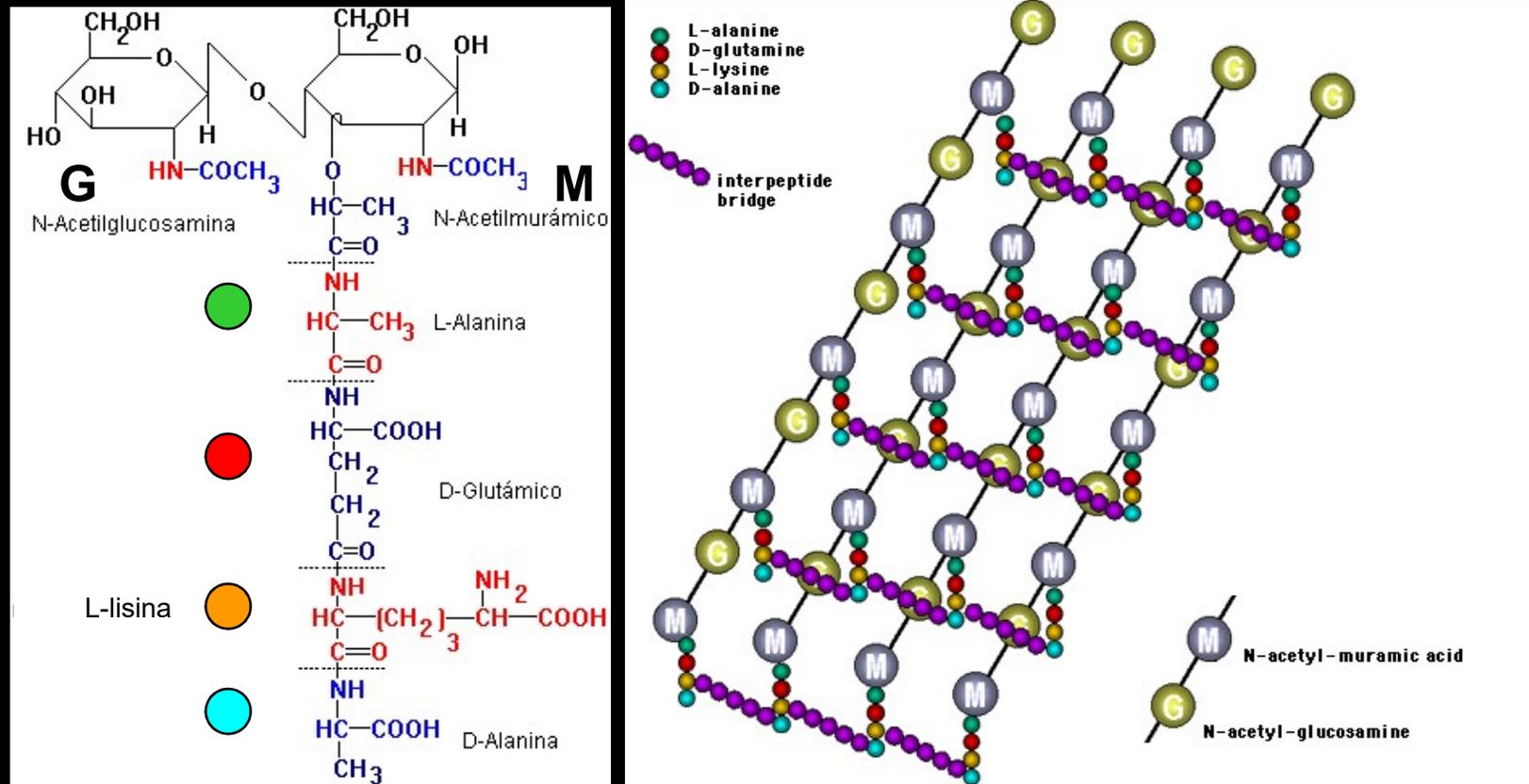
A pressão interna de Gram positivos pode atingir 20 atmosferas sem que a célula rompa, graças à rigidez e ao formato da parede celular. Por comparação, um pneu de caminhão tem uma pressão de 2 atmosferas.

Estrutura rígida que recobre a membrana citoplasmática e confere forma às bactérias.

O principal composto da parede celular é a **MUREÍNA**, cuja espessura é dependente do número de camadas deste composto.

**MUREÍNA** ou **PEPTIDOGLICANO** = polímero de açúcares (glucano) unidos por ligação cruzada de curtas cadeias de aminoácidos pequenos (peptídeo).

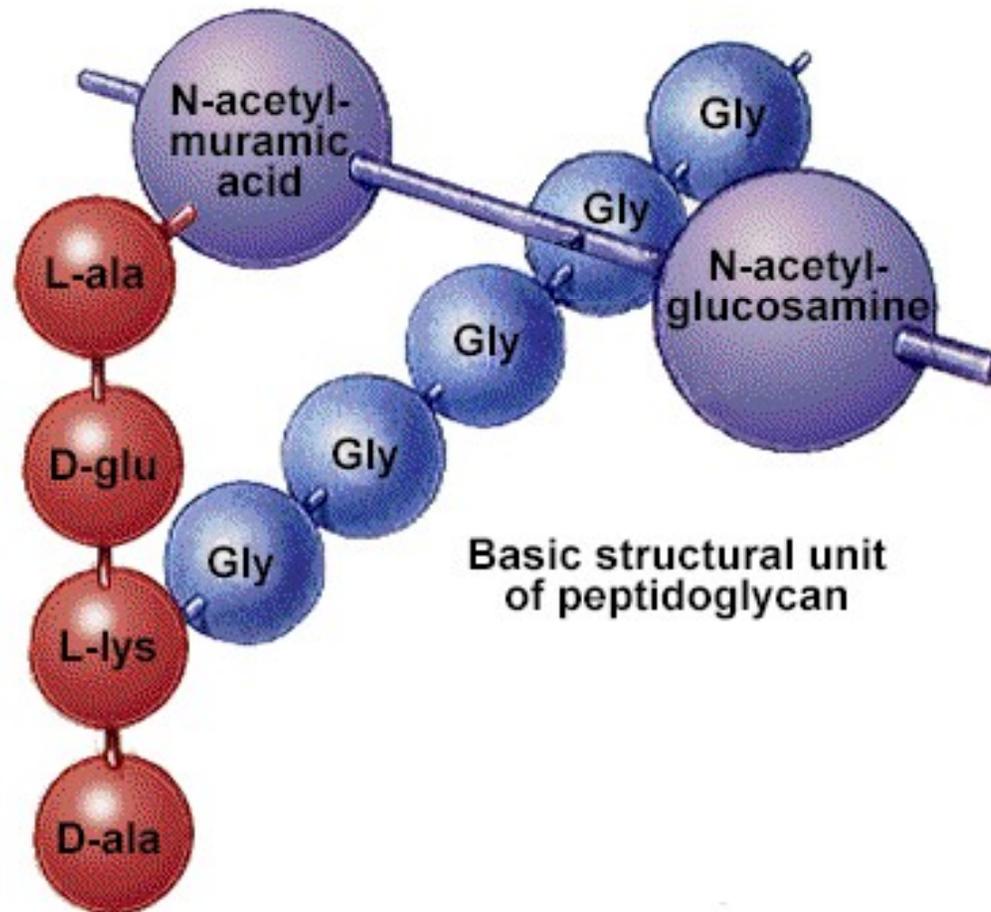
# Estrutura bacteriana: parede



A Mureína (= Peptidoglicano) da parede celular é composta de uma série de subunidades dissacarídeas idênticas de  $\beta$ -1,4-N-acetilmurâmico-N-acetilglicosamina, e tetrapeptídeos de L-alanina-D-glutamina-L-lisina-D-alanina. A ligação cruzada de transpeptidação entre o resíduo de D-alanina terminal e a L-lisina é realizada por uma enzima transpeptidase (denominada PBP, *protein-binding penicillin*).

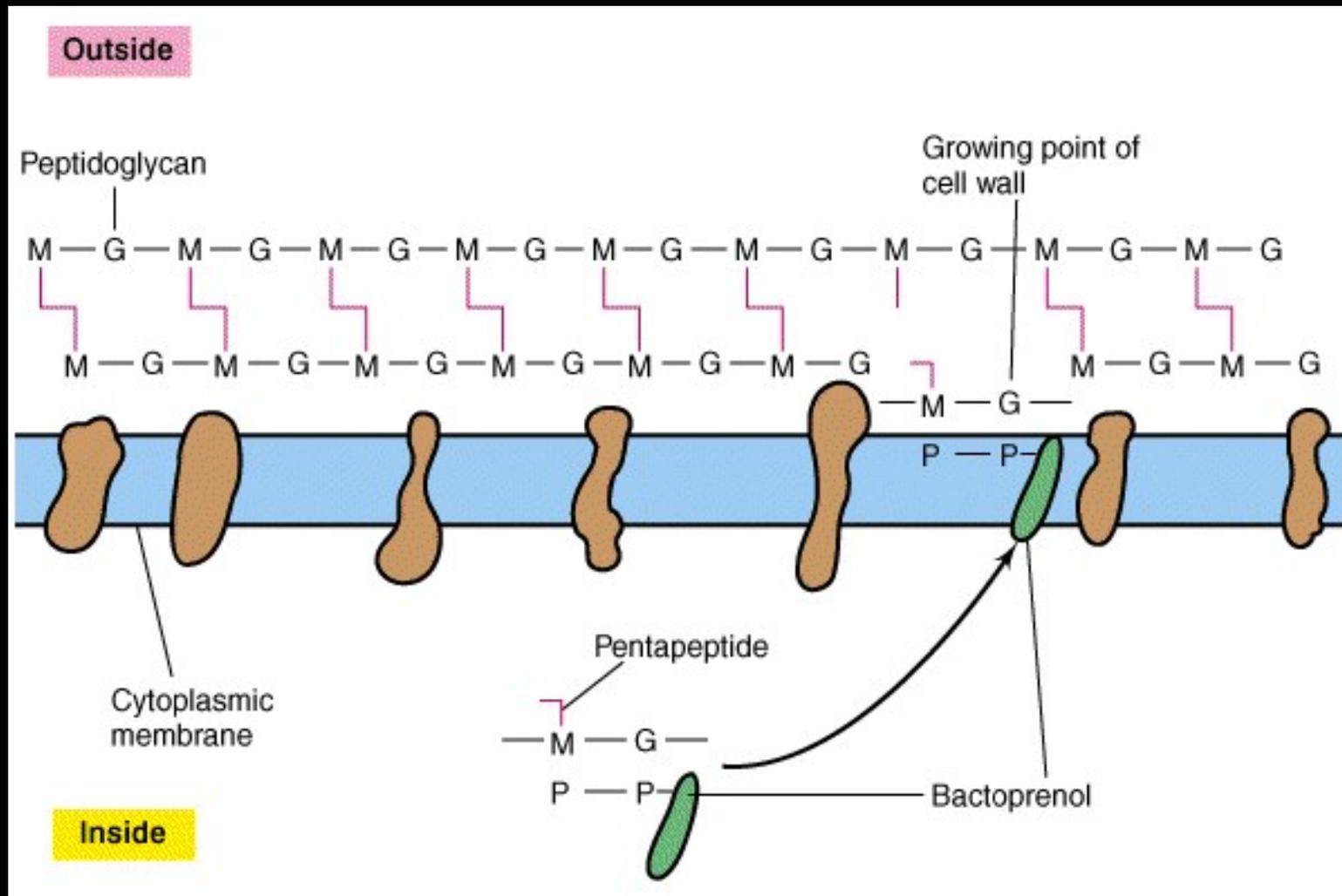
# Estrutura bacteriana: parede

## PEPTIDEGLICANO ou MUREÍNA

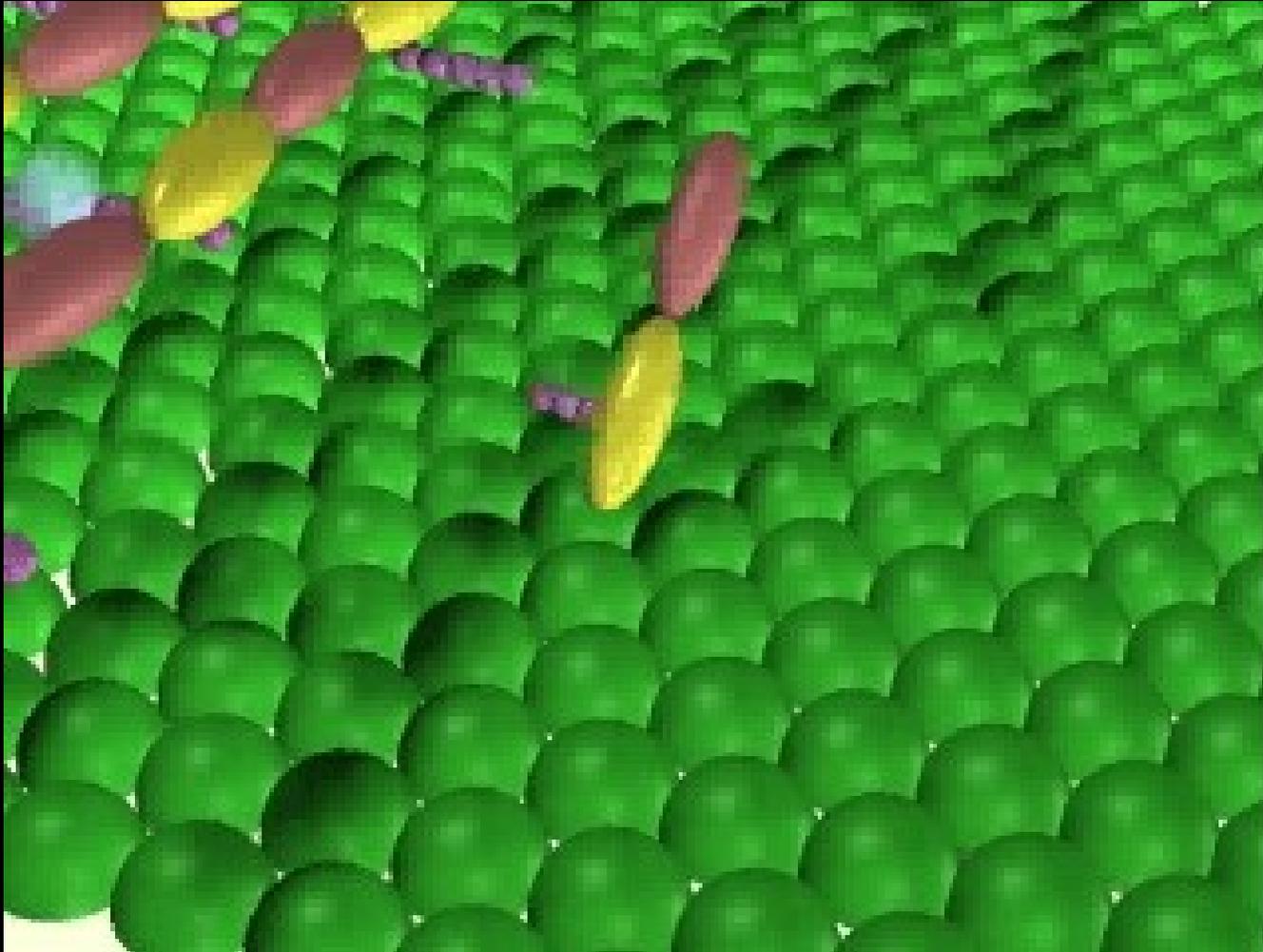


# Estrutura bacteriana: parede

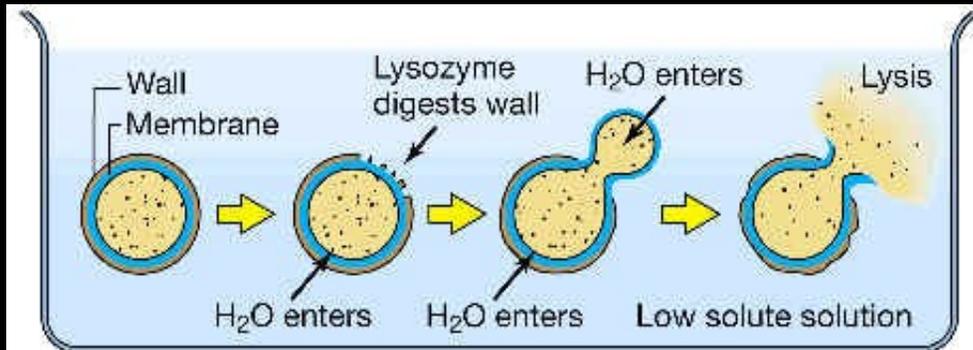
## PEPTIDGLICANO ou MUREÍNA



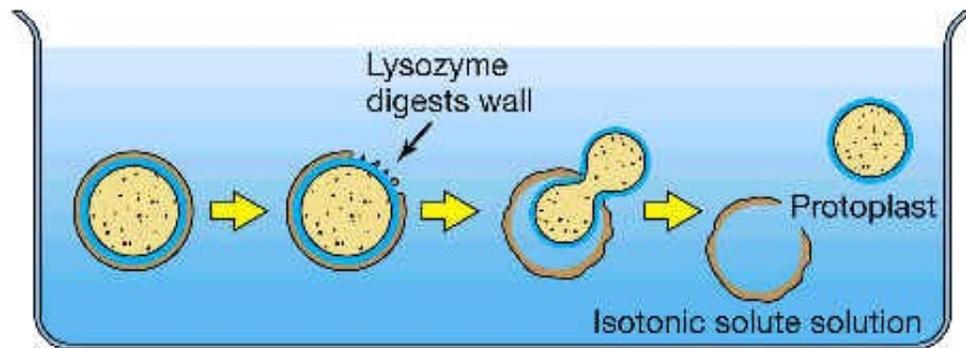
# Estrutura bacteriana: parede



# Estrutura bacteriana: parede



(a)



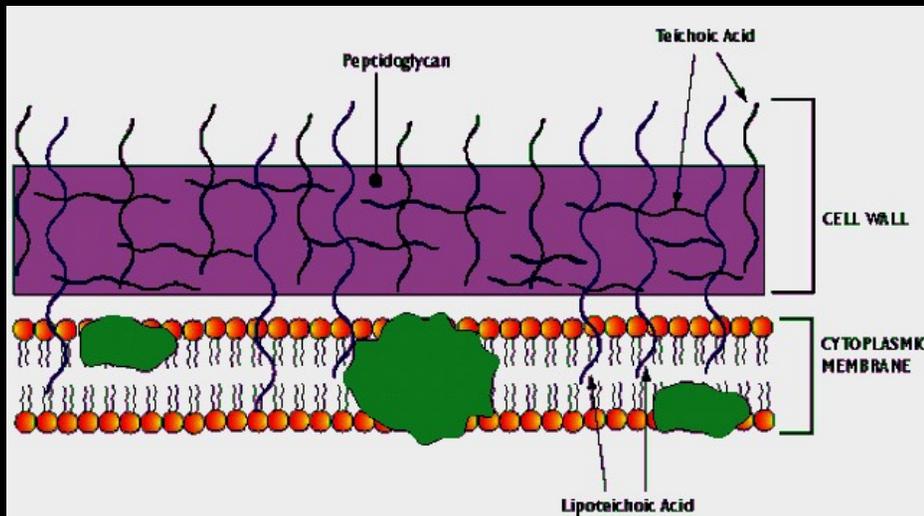
(b)

A Lisozima é uma enzima bacteriolítica presente em tecidos humanos e secreções, a qual pode digerir completamente o peptidoglicano, formando, na presença de um estabilizador osmótico (sacarose):

1. Protoplastos em Gram positivo
2. Esferoplastos em Gram negativos

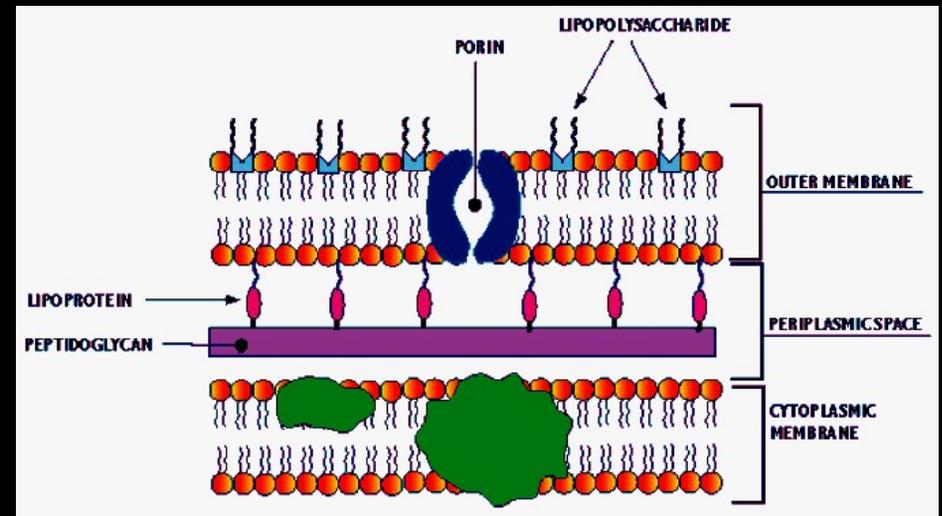
# Estrutura bacteriana: parede

## Parede Gram positivo



Peptidoglicano= ~20 – 80 nm de espessura = 20 camadas de PG

## Parede Gram negativo



Peptidoglicano= Parede ~ 2 – 10 nm de espessura = 1 camada de PG

Membrana externa adicional

Espaço Periplásmico

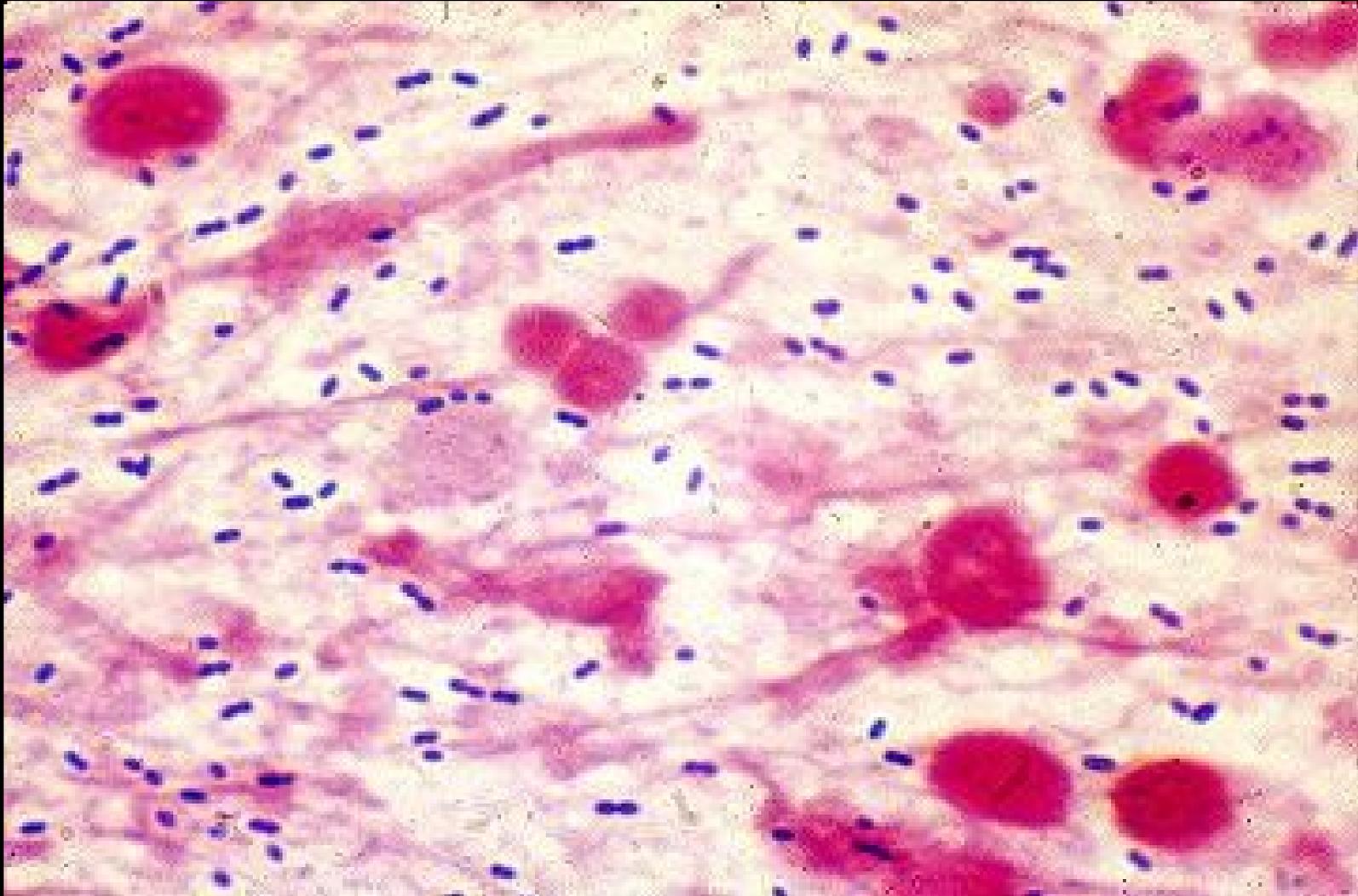
# Hans Christian Joachim Gram



1853-1938

- 1884 descobriu um método de coloração de bactérias, utilizando uma solução de violeta de genciana. Após tratamento com lugol (iodo em iodeto de potássio aquoso) e etanol, observou que algumas bactérias retinham o corante (pneumococo), enquanto outras não = Gram positivo/Gram negativo

# Hans Christian Joachim Gram



# Coloração de Gram: Princípio

As bactérias podem corar-se **Gram positivas** ou **Gram negativas** de acordo com as diferenças na composição das suas paredes celulares. **Bactérias Gram positivas** apresentam em sua estrutura uma camada espessa de peptidoglicano e grande quantidade de ácido teicóico. As paredes celulares das **bactérias Gram negativas** possuem uma camada fina de peptidoglicano ligada a uma membrana externa composta por uma bicamada fosfolipídica contendo lipopolisacarídeos e proteínas.

# Coloração de Gram: Princípio



**Colocar uma gota de água ou solução fisiológica numa lâmina de vidro limpa e seca**

# Coloração de Gram: Princípio



**Estilizar a alça**

# Coloração de Gram: Princípio



**Pegar uma colônia bacteriana com a alça**

# Coloração de Gram: Princípio



**Estender a colônia na gota de água ou solução fisiológica sobre a lâmina**

# Coloração de Gram: Princípio



# Coloração de Gram: Princípio



**Fixar a amostra por calor sobre a chama**

# Coloração de Gram: Princípio



**Se possível identifique a posição da amostra  
na parte posterior da lâmina**

# Coloração de Gram: Princípio



**Cristal Violeta 2 minutos**

**Cobrir a amostra fixada com corantes**

# Coloração de Gram: Princípio



**Lavar com água**

# Coloração de Gram: Princípio



**Adicionar fixador**

# Coloração de Gram: Princípio



Lavar com água

# Coloração de Gram: Princípio



**Álcool 10 – 15 segundos**

**Descolorar com álcool**

# Coloração de Gram: Princípio



**Safranina ou fucsina 30 seg.**

**Corar com Safranina ou fucsina**

# Coloração de Gram: Princípio



**Lavar com água e secar**

**Secar com papel filtro**

# Coloração de Gram: Princípio

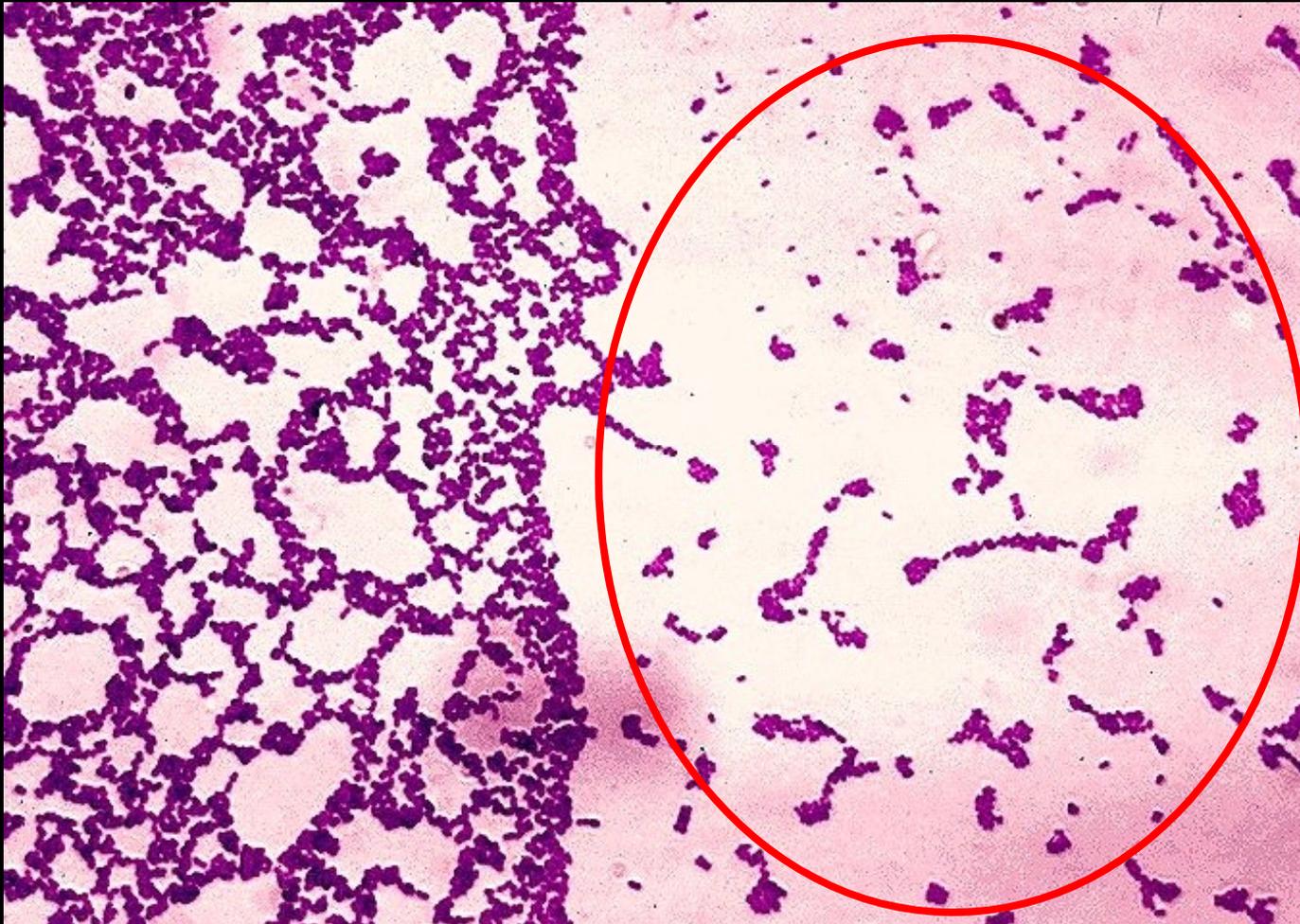


Cobrir a lâmina com o corante, lavar e secar



Colocar uma gota de óleo sobre a lâmina; examinar com a objetiva de 100x.

# Coloração de Gram: Princípio

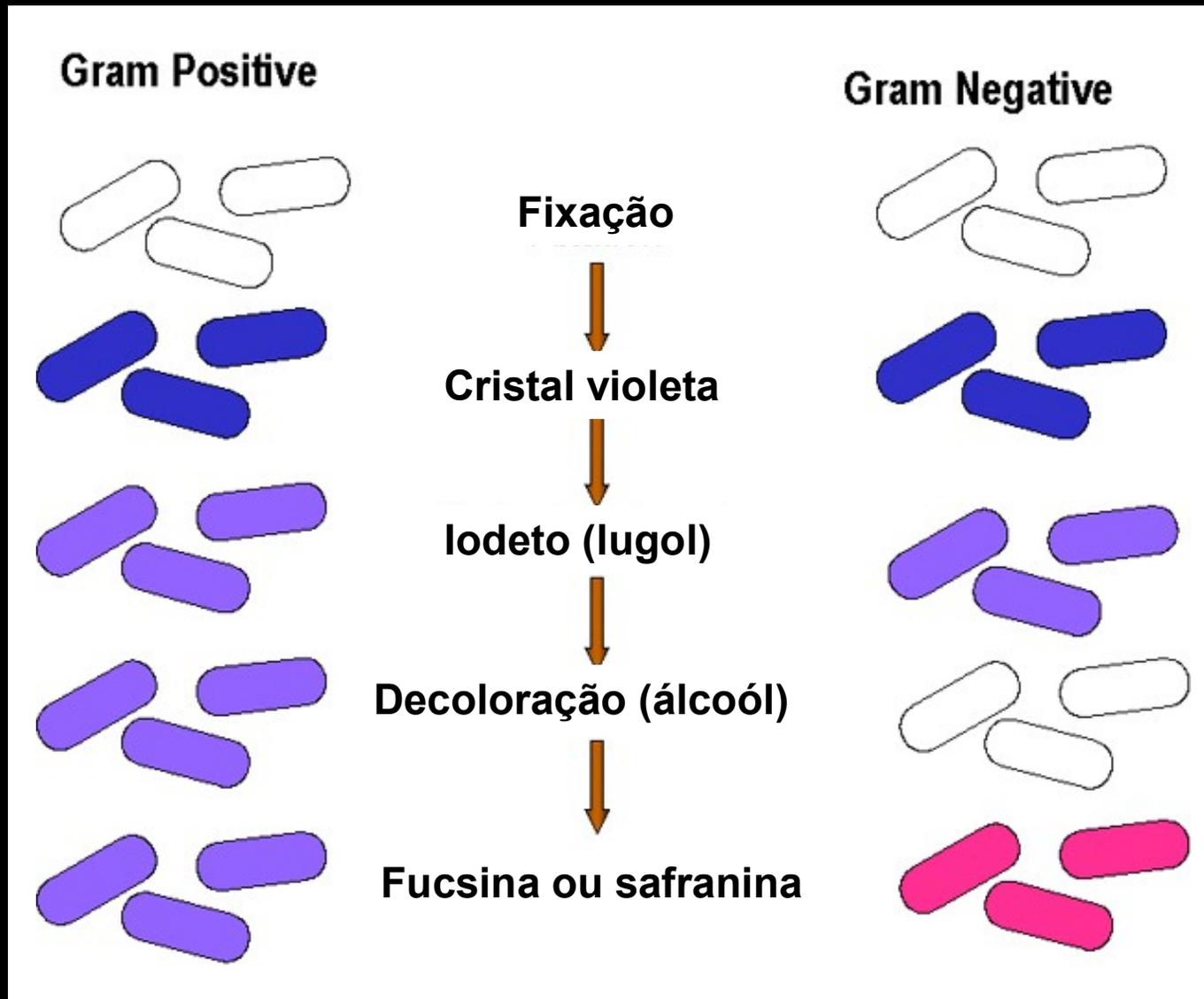


**observar ao microscópio com imersão (100x)  
num campo que permita ver separação**

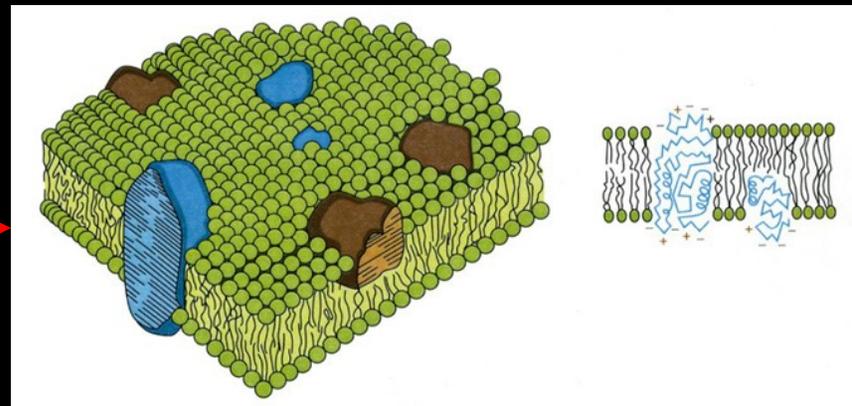
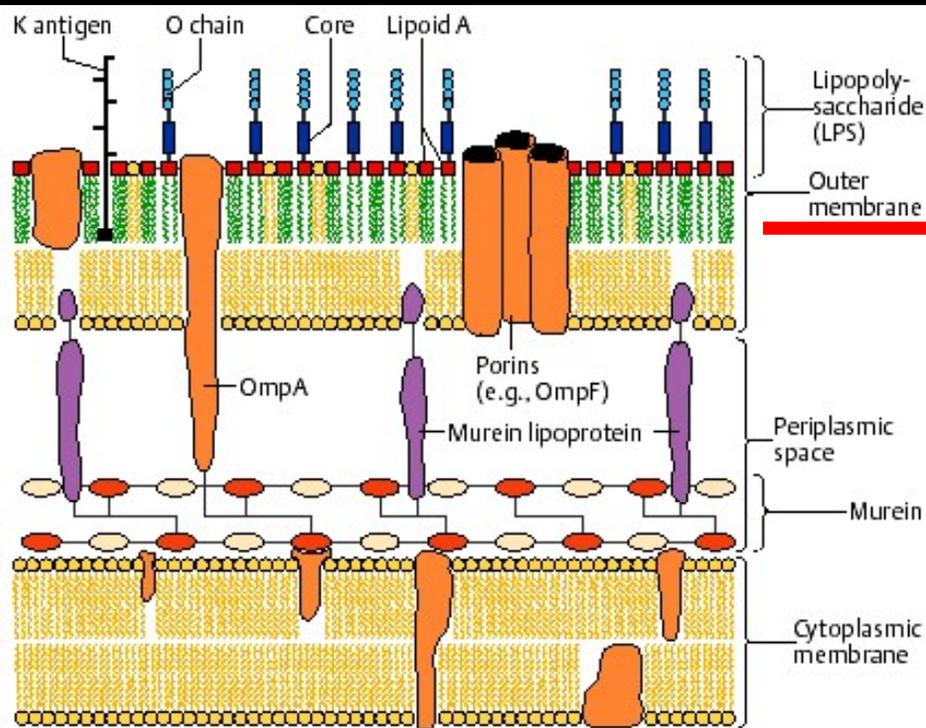
# Coloração de Gram: Princípio

As bactérias **Gram positivas** não sofrem descoloração pelo álcool, retendo o corante inicial e tingindo-se de violeta escuro. Em bactérias **Gram negativas** a membrana externa sofre a ação do descorante (álcool) permitindo que o complexo cristal violeta-iodo seja substituído pelo contra-corante (fucsina ou safranina).

# Coloração de Gram



# Estrutura bacteriana: parede Gram Negativo

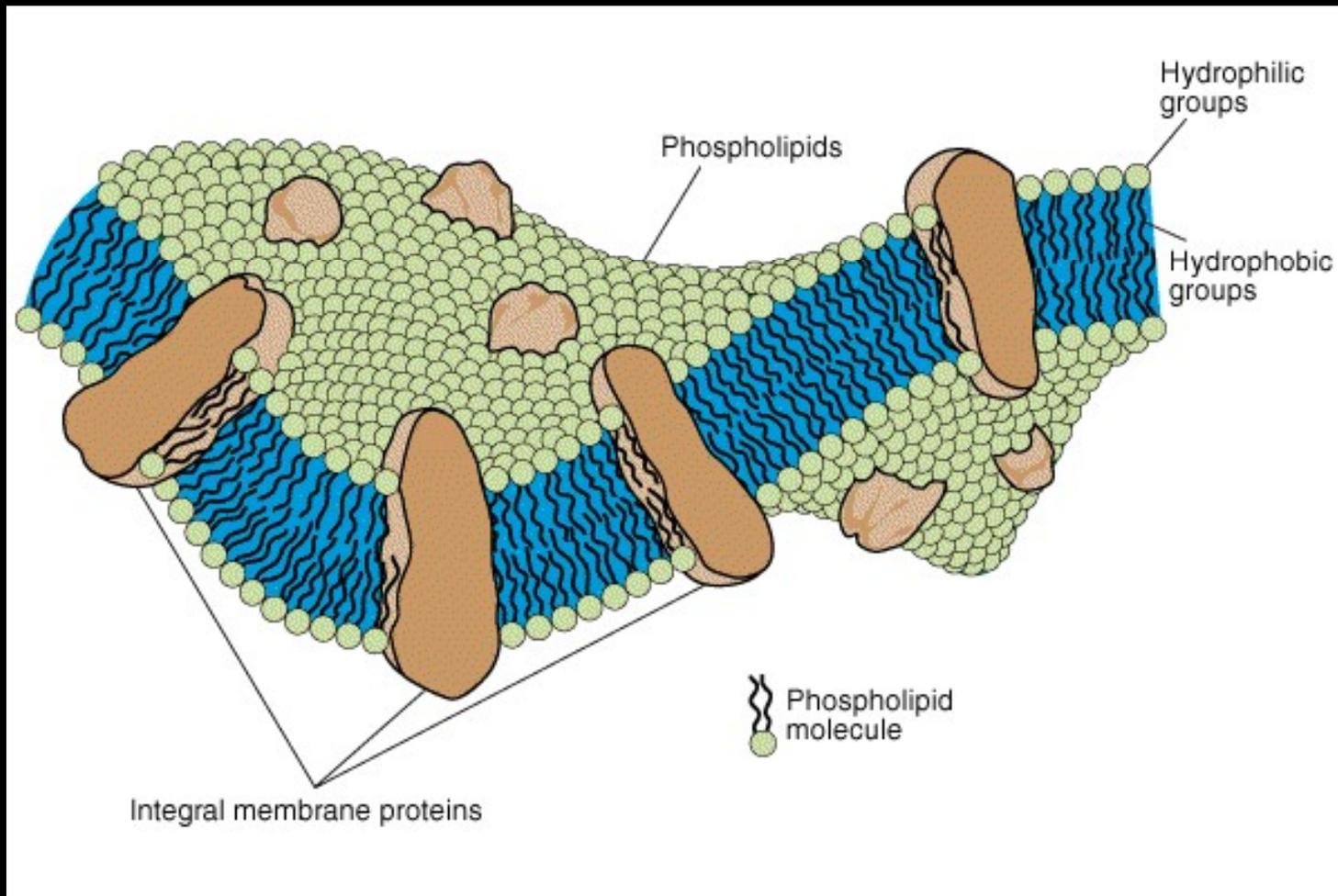


Membrana externa: bicamada fosfolipídica  
Carregada negativamente

# Estrutura bacteriana: parede

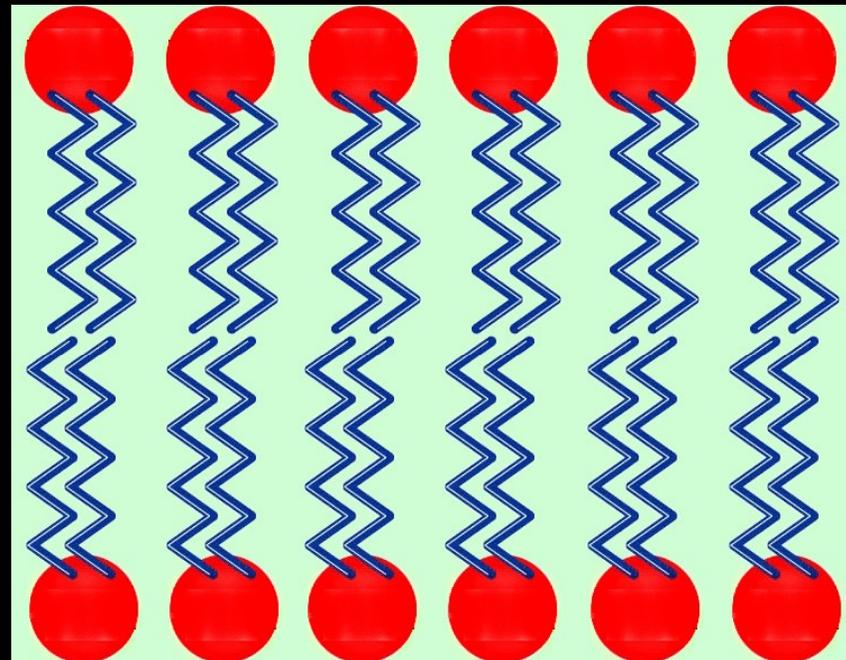
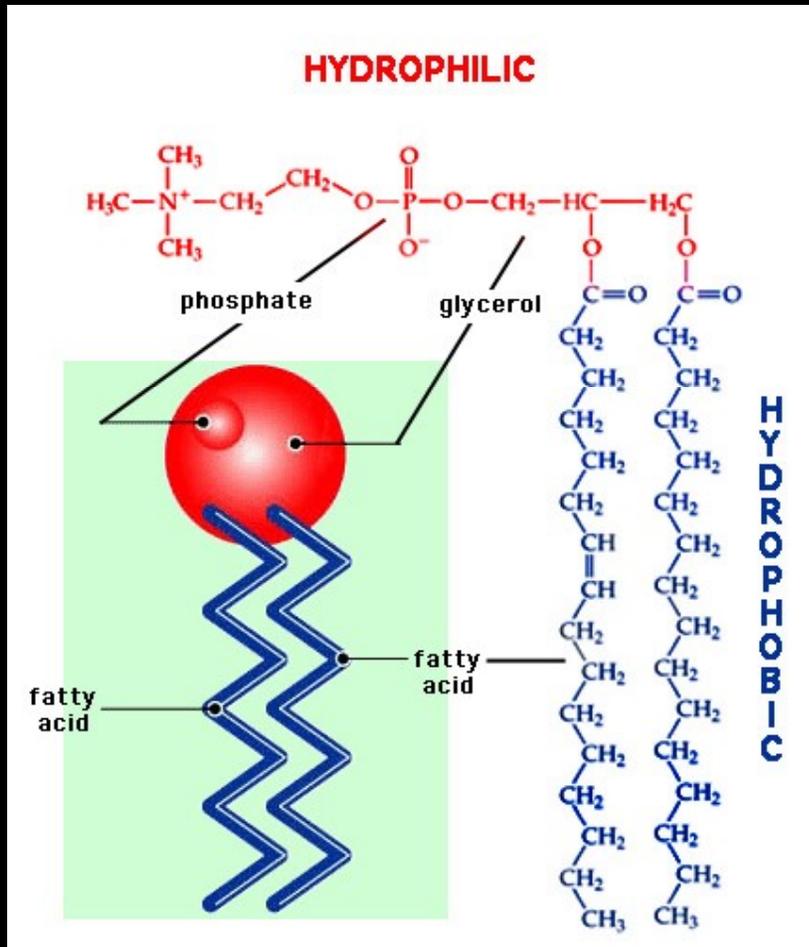
## Gram Negativo

### Membrana Externa



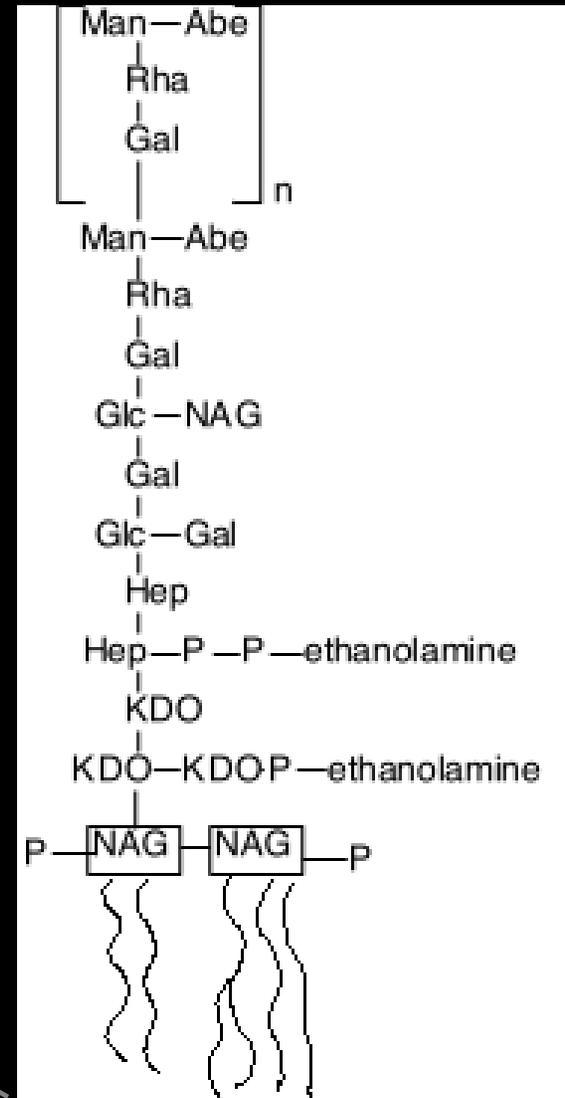
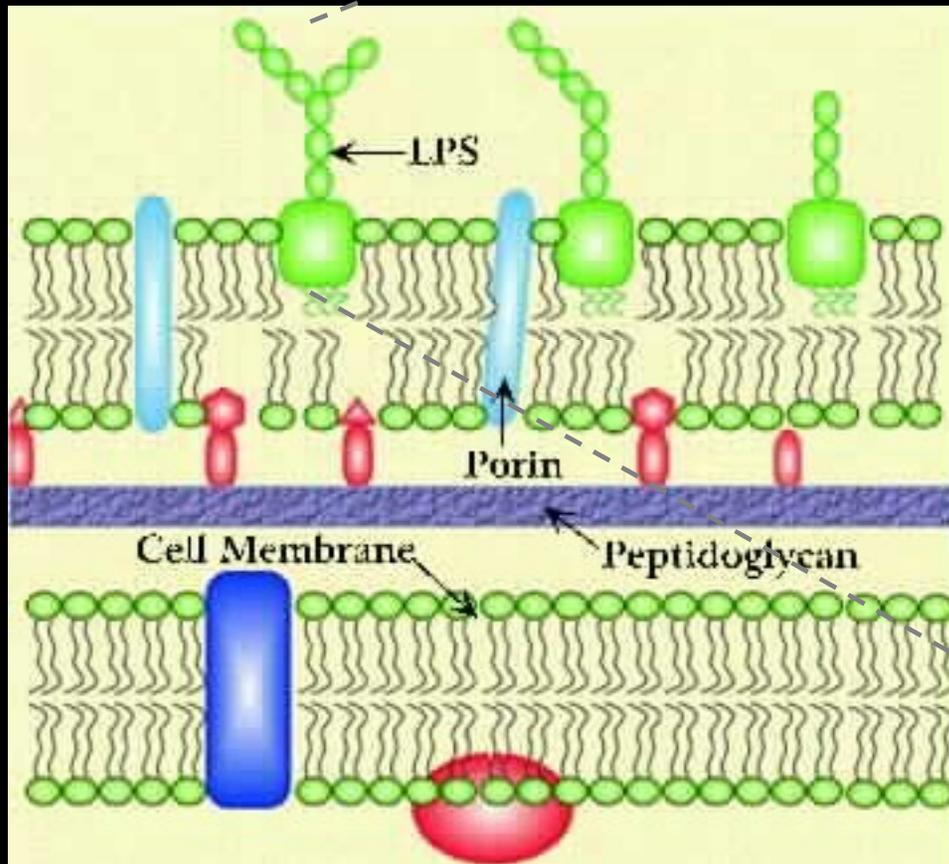
# Estrutura bacteriana: parede

## Gram Negativo

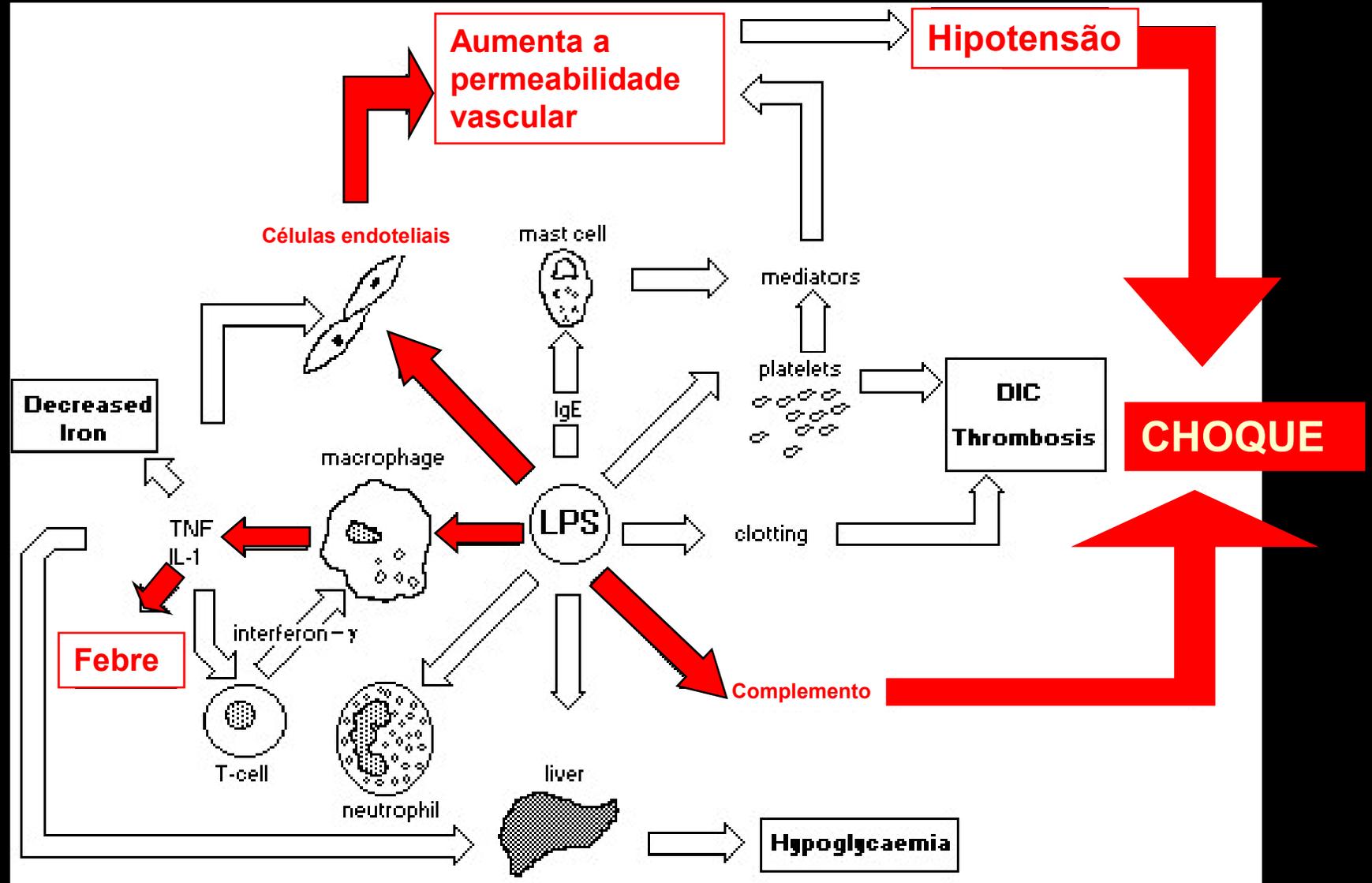


Membrana externa: bicamada fosfolipídica

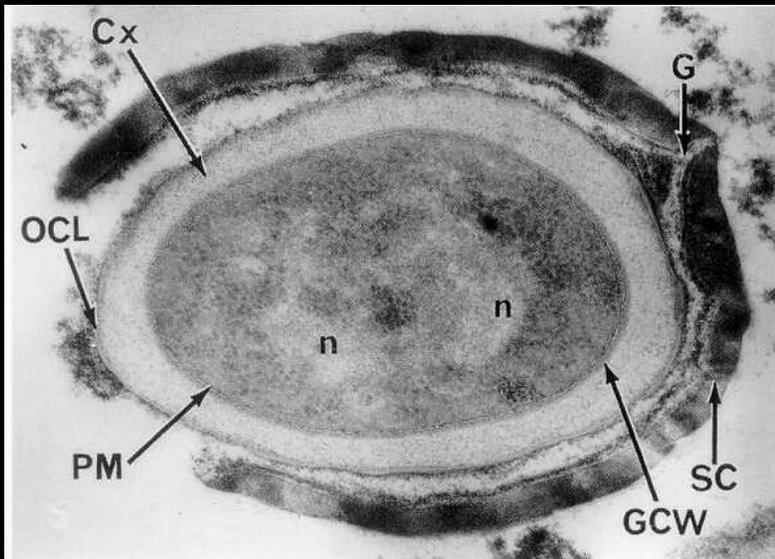
# Antígeno polissacarídeos "O" específico



# ENDOTOXINA- LPS



# Estrutura bacteriana: esporos



**Mecanismo de sobrevivência**

Esporos (endoesporos) são formas latentes de bactérias (*Bacillus* e *Clostridium*), altamente resistentes aos agentes físicos e químicos de esterilização.

São formados intracelularmente frente a condições nutricionais adversas, sendo liberados livres.

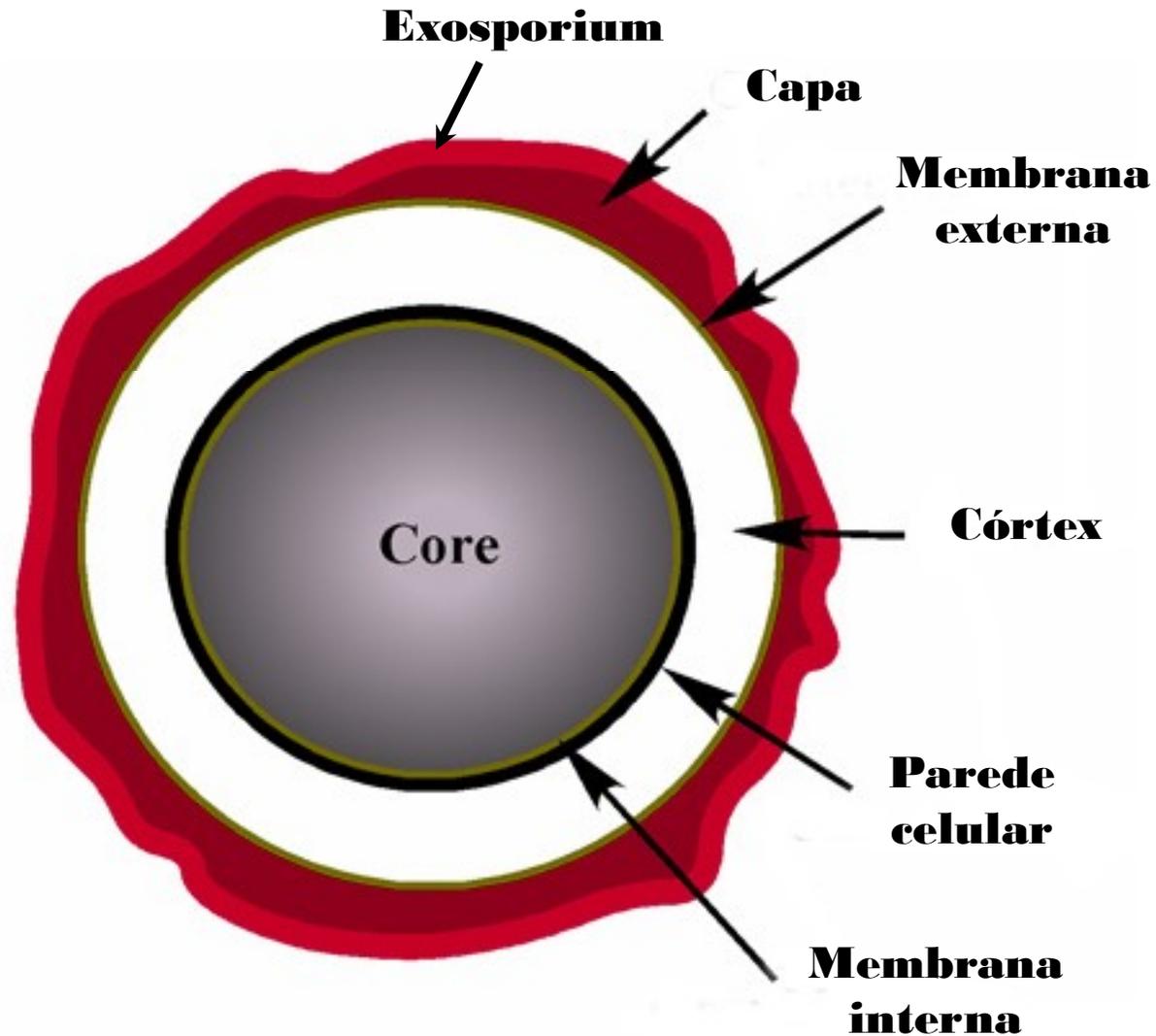
Quando as condições do meio são apropriadas o esporo germina para uma forma vegetativa da bactéria com reprodução.

# Estrutura bacteriana: esporos



Esporo de *Bacillus anthracis* = **Carbúnculo Hemático** (Feno, pasto contaminado!)  
cólicas fortes; edema do peito, pescoço e da região faringéa, febre alta, dispnéia,  
edemas subcutâneos no tórax e no pescoço, hemorragia nasal e manqueira.

# Esquema de um esporo



# Estrutura bacteriana: esporos

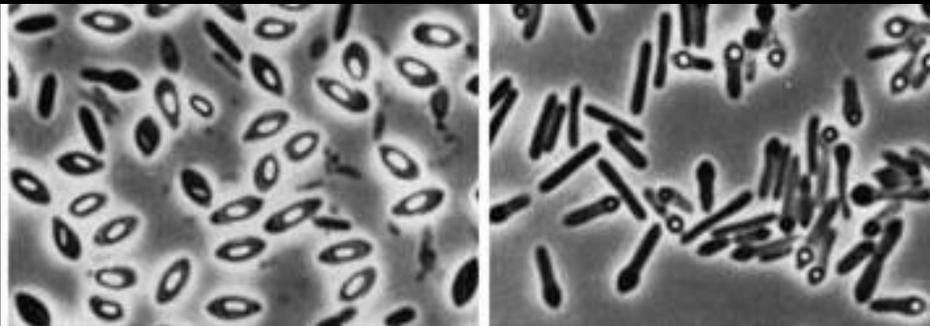


Formação do endoesporo (esporulação) em *Bacillus* e *Clostridium*:

13 a, d) Esporo central (célula vegetativa)

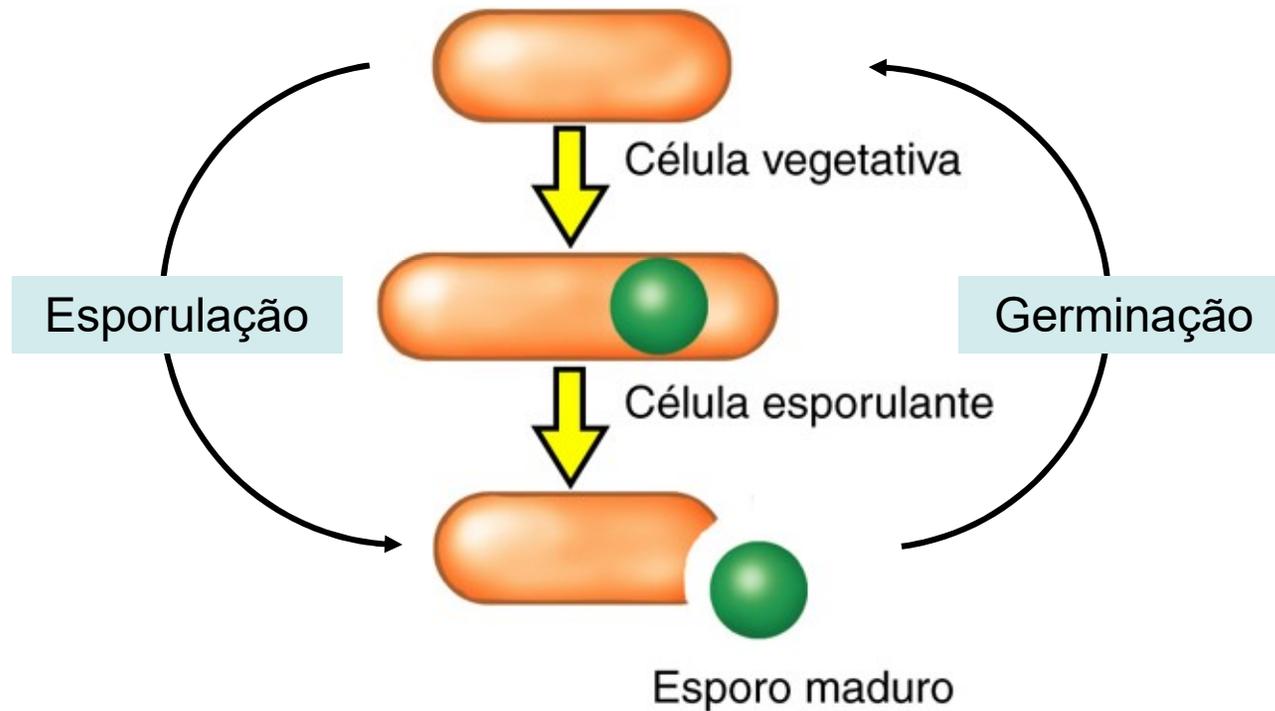
13 b, c, e) Esporo terminal

14) Esporo livre



# Estrutura bacteriana: esporos

---



# Estrutura bacteriana: esporos



Coloração de endoesporos  
Fixar amostra por calor sobre lâmina limpa  
Adicionar verde de malaquita  
Lavar  
Adicionar Safranina ou Fucsina  
Observar= esporos (verdes)

# Composição das estruturas bacterianas

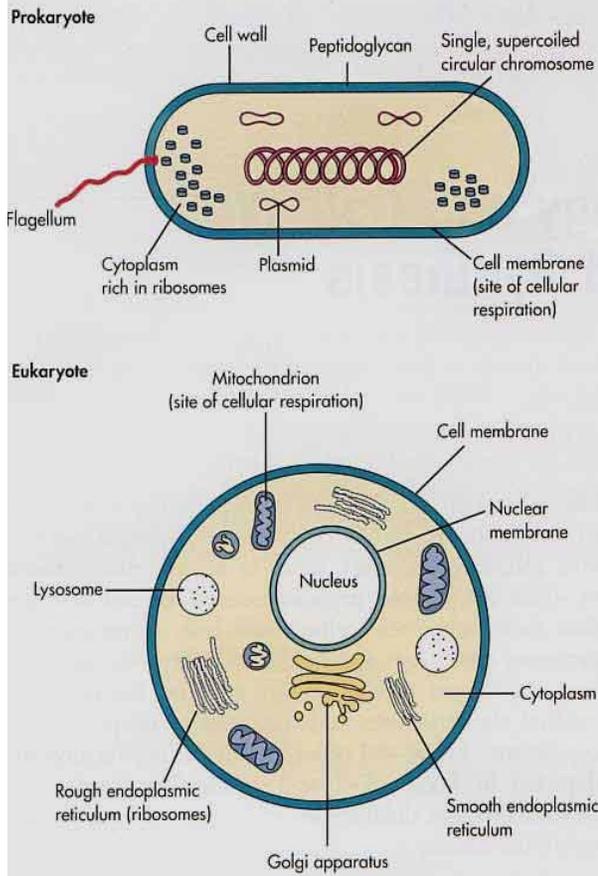
Macromolécula	Subunidade Primária	Distribuição
Proteínas	aminoácidos	Flagelo, pili, parede celular, membrana citoplasmática, ribossomas, citoplasma
Polissacarídeos	Açúcares	cápsulas, corpos de inclusão (armazenamento), parede celular
Fosfolipídeos	Ácidos graxos	membranas
Ácidos nucléicos (DNA/RNA)	nucleotídeos	DNA: nucleóide (cromossoma), plasmídeos rRNA: ribossomas, mRNA, tRNA, citoplasma

# Características das estruturas bacterianas

---

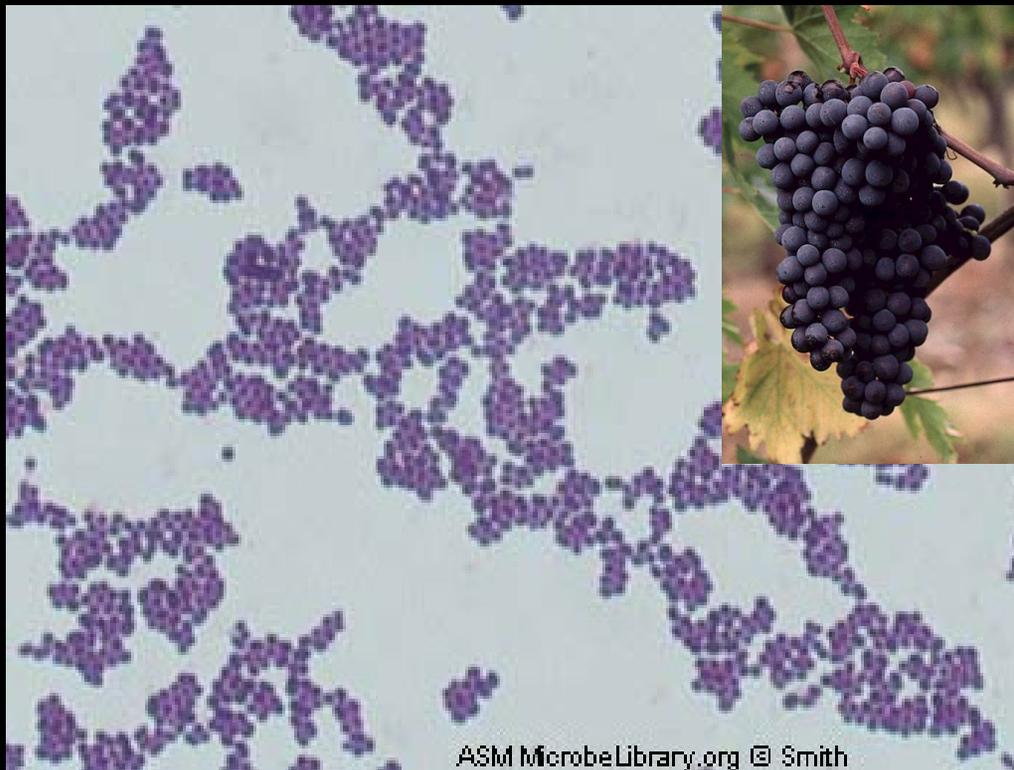
<b>Estrutura</b>	<b>Função</b>
<b>Flagelo</b>	Motilidade
<b>Pili</b>	
Pili sexual	Media a transferência de plasmídeo durante a conjugação
Pili ou fimbria	Adesão
<b>Cápsulas e <i>slime</i></b>	Adesão, Proteção contra fagocitose e dessecação
<b>Parede celular</b>	
Gram positivo	Rigidez e forma da célula
Gram negativo	Rigidez e forma da célula; Barreira externa impermeável associada a LPS e proteínas
<b>Membrana plasmática</b>	Barreira externa impermeável; transporte de solutos; geração de energia, localização de vários sistemas enzimáticos
<b>Ribossomas</b>	Síntese protéica
<b>Cromossoma</b>	Material genético da bactéria
<b>Plasmídeo</b>	Material genético extracromossomal

# Características de Procariotas (Eubactérias) e Eucariotas (Fungos e Protozoários)



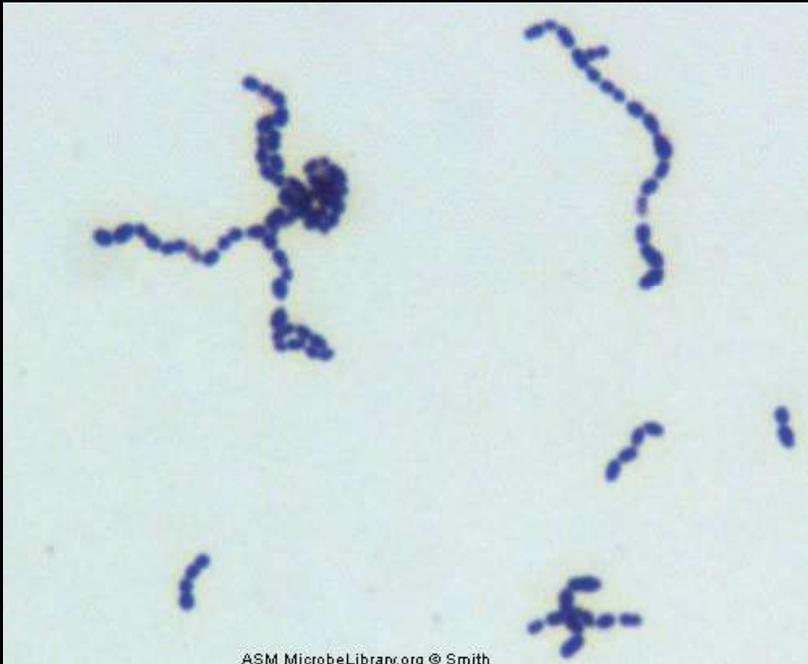
Características	Procariotes (bactéria)	Eucariotes (fungos, protozoários)
Estrutura nuclear	DNA circular livre	Complexo DNA-proteínas básica
Localização da estrutura nuclear	Emaranhado denso de DNA no citoplasma; sem membrana nuclear; nucleóide	Núcleo rodeado por membrana nuclear
DNA	Núcleoóide e plasmídeo	No núcleo e na mitocôndria
Citoplasma	Sem mitocôndria; sem retículo endoplásmico	Mitocôndria e retículo endoplásmico
Ribossomas	70S [50S (RNA 23S e RNA 5S) e 30S (RNA 16S)]	80S (sub. 60S e 40S)
Parede celular	Geralmente rígida com mureína (exceção = mycoplasmas)	Presente somente em fungos: glucanos, mananos, quitina, quitosana, celulosa
Reprodução	Assexuada por fissão binária transversa	Na maior parte sexual, possivelmente assexuada

# Cocos gram-positivos



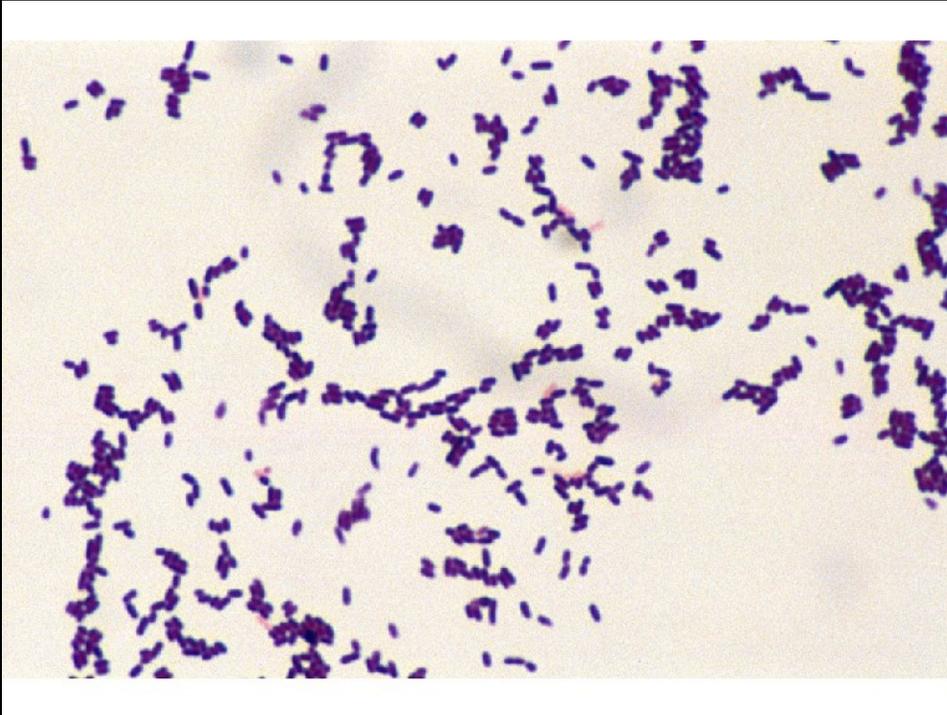
**Agrupação em cacho de uva  
(*Staphylococcus* spp.)**

# Cocos gram-positivos



**Agrupação em cadeia  
(*Streptococcus* spp.)**

# Bacilos gram-positivos



*Listeria monocytogenes*



# Bacilos gram-positivos



*Bacillus* spp.



*Corynebacterium* spp.



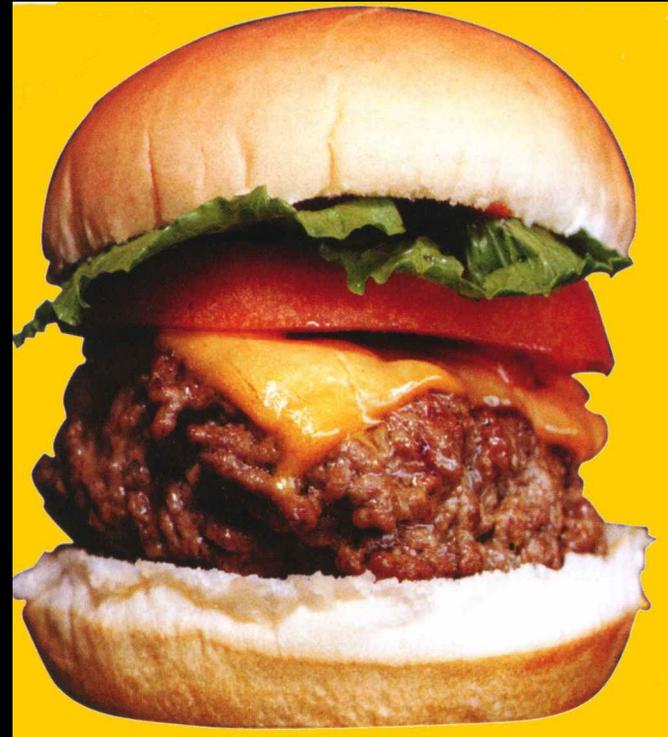
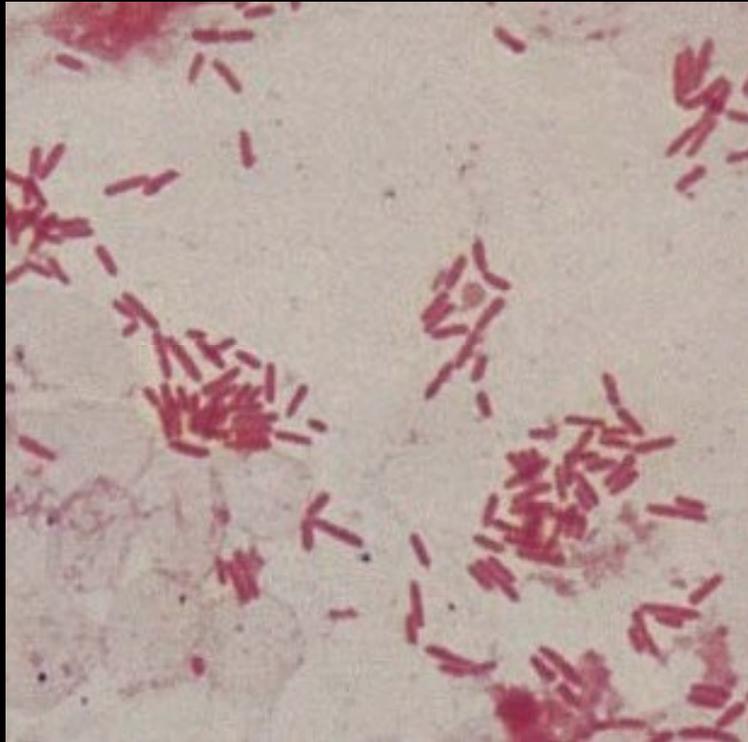
*Streptomyces* spp.

# Bacilos gram-positivos



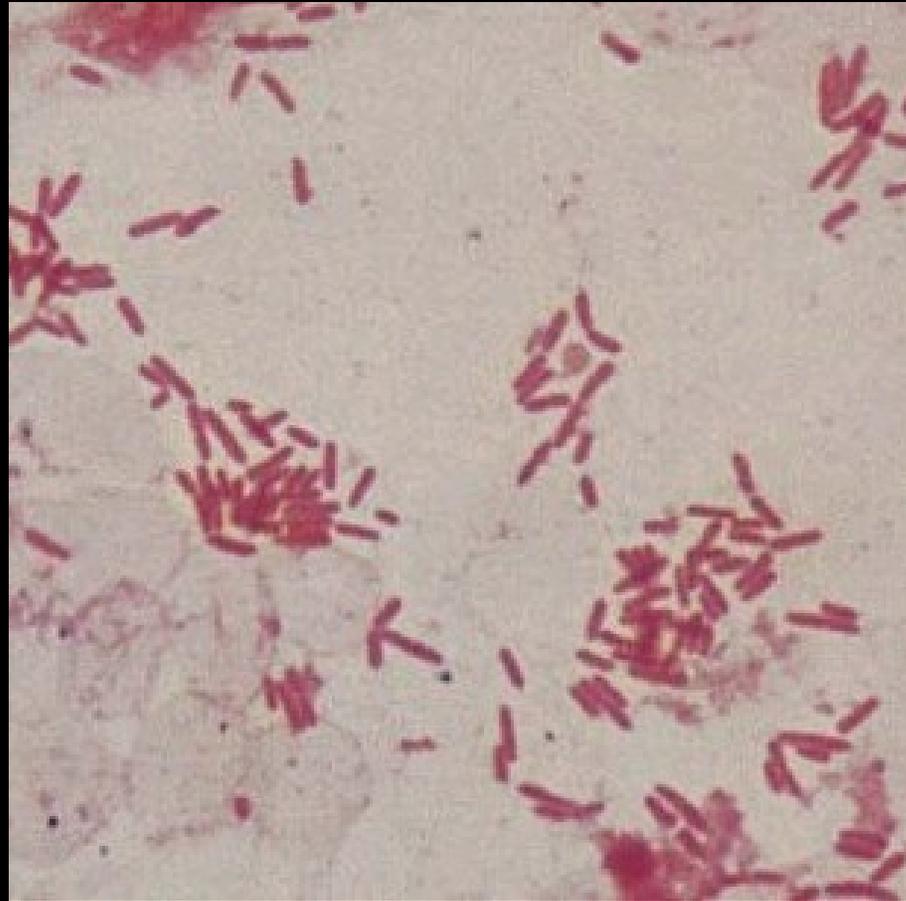
*Bacillus cereus*

# Bacilos gram-negativos



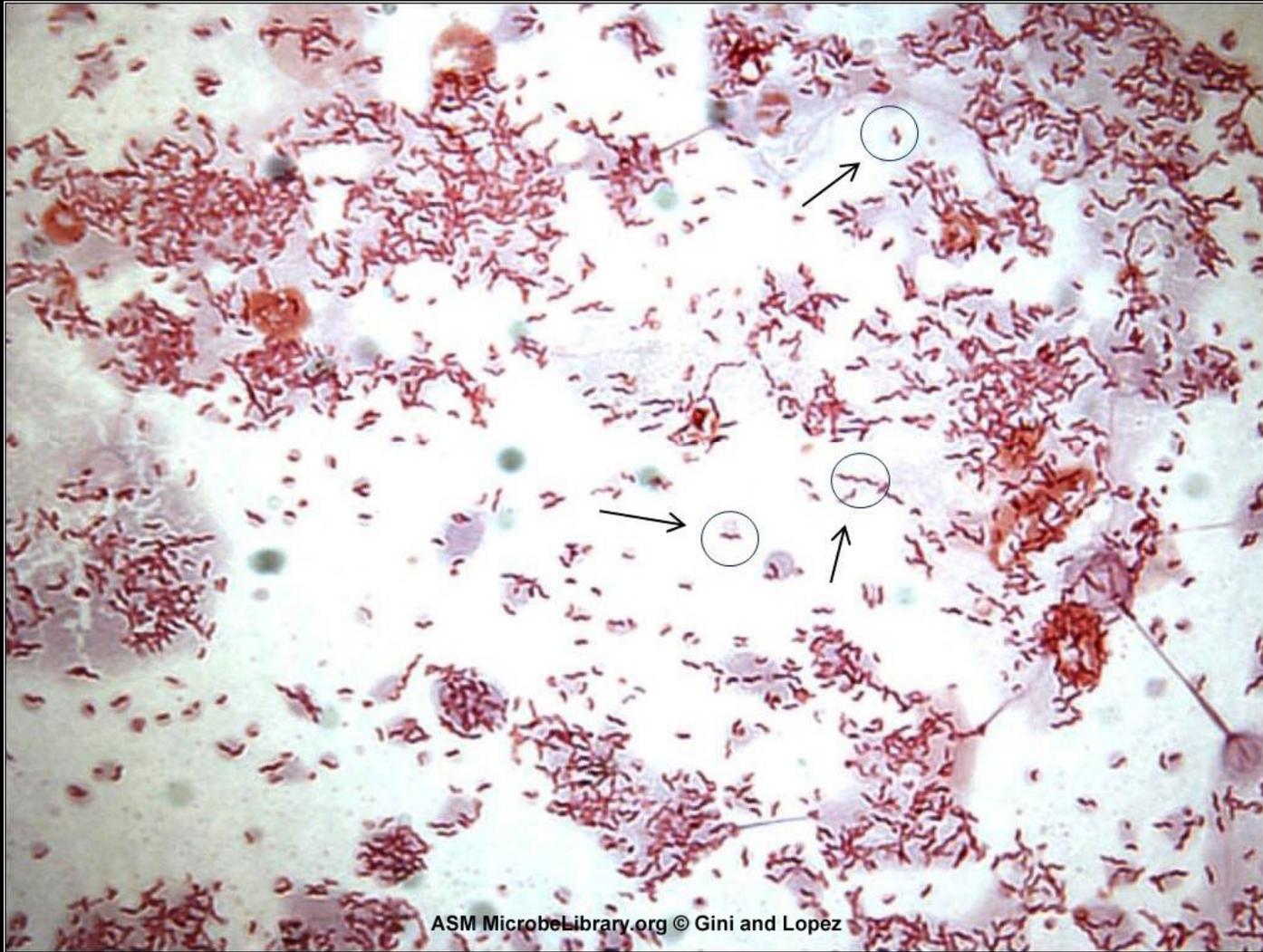
*Escherichia coli* O157:H7

# Bacilos gram-negativos



*Pseudomonas* spp.

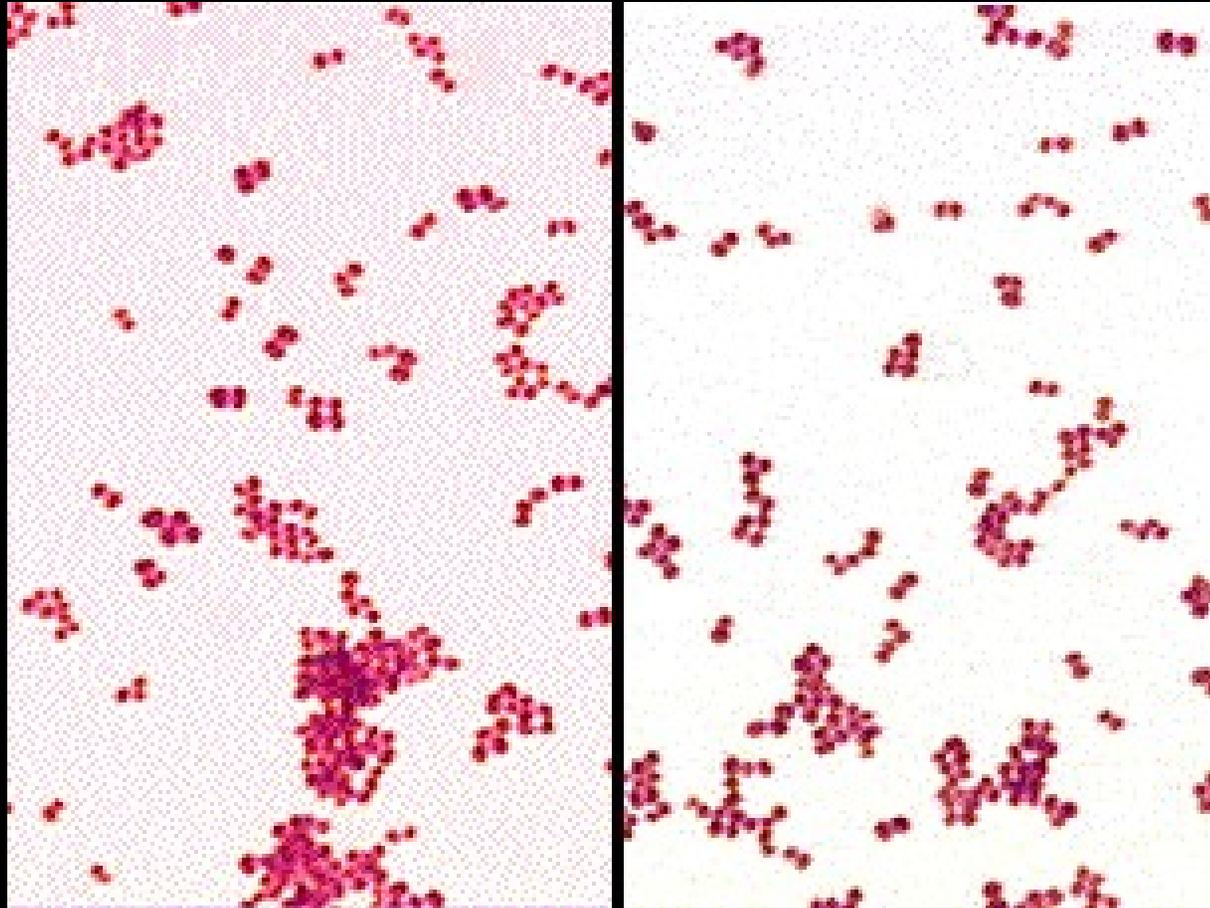
# Bacilos gram-negativos curvos



ASM MicrobeLibrary.org © Gini and Lopez

***Campylobacter* spp., *Helicobacter* spp.**

# Cocos gram-negativos



*Neisseria* spp.

# Referências

**Microscopy:** [http://www.jic.ac.uk/microscopy/intro\\_LM.html](http://www.jic.ac.uk/microscopy/intro_LM.html)

**Hump-Day History: Robert Hooke:**

<http://etherwave.wordpress.com/2008/09/17/hump-day-history-robert-hooke/#more-652>

**Structure and Function of Bacterial Cells:**

<http://bioinfo.bact.wisc.edu/themicrobialworld/structure.html>

**Medical Microbiology Book:** <http://gsbs.utmb.edu/microbook/>

**Bacteriology:** [http://pathmicro.med.sc.edu/fox/cell\\_envelope.htm](http://pathmicro.med.sc.edu/fox/cell_envelope.htm)

**Trabulsi, L. R., Alterthum, F. (Org.). Microbiologia 5 Edição. São Paulo: Atheneu, 2008.**

**Microbiologia de Brock 10a edição. Person/Prentice Hall. 2004.**

**Color Atlas of Medical Microbiology Kayser, Thieme 2005.**