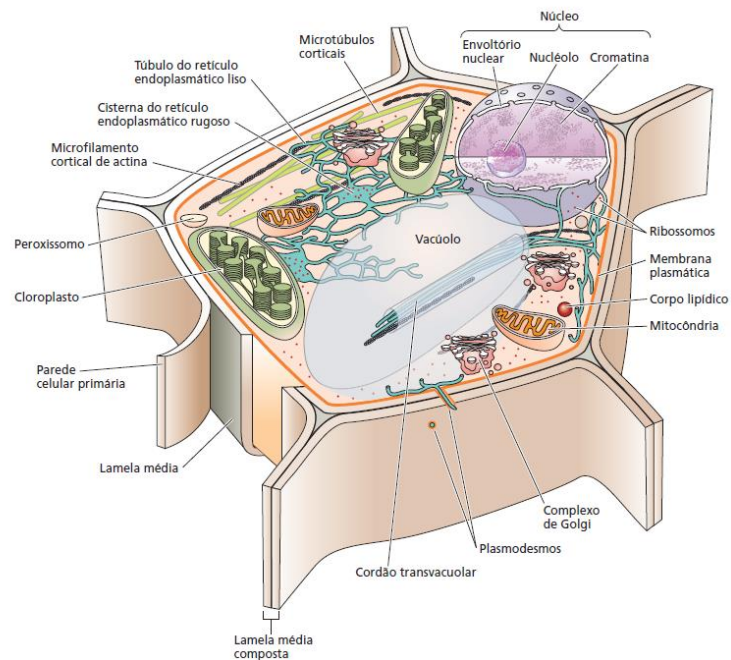


LGN0114 – Biologia Celular

# Sistemas de Endomembranas e Parede Celular



Aula 7

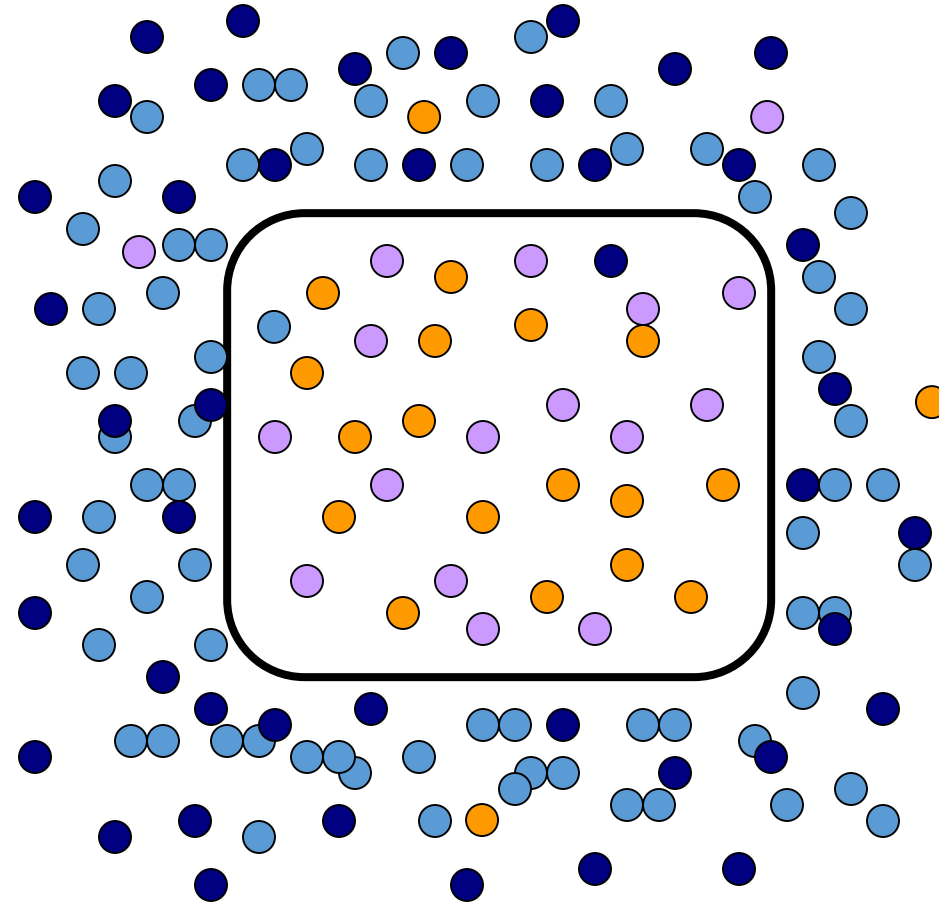
Antonio Figueira

figueira@cena.usp.br

# O que delimita uma célula?

Toda célula é delimitada por uma membrana plasmática, com uma estrutura **altamente conservada entre os seres vivos**

# Membrana Plasmática



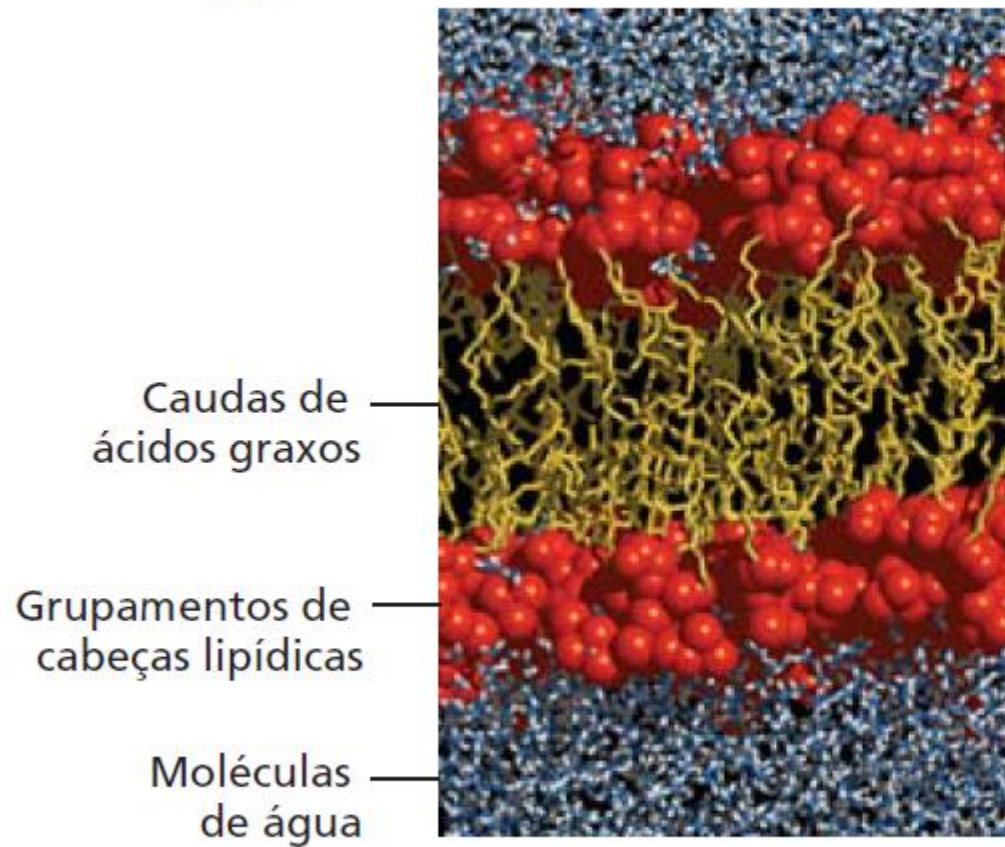
Permeabilidade  
Seletiva

# Membrana Plasmática

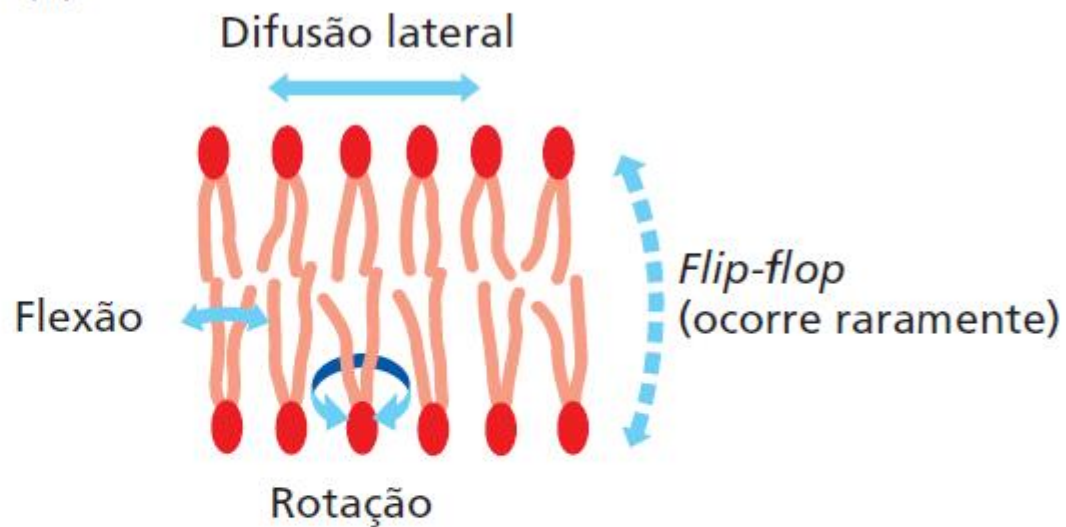
- **Membrana plasmática = recipiente celular**
- Filme gorduroso ultrafino - não visível ao MO
- Camada lipídica de 5 nm ( $\sim$  50 átomos de espessura)
- Barreira de separação
- **Permeabilidade controlada!**
  - Canais e bombas - importação e exportação
  - Sensores externos
- **Membrana de organelas - propriedades similares!**
- **Eucariotos – sistema de endomembranas**

# Bicamada fosfolipídica

(A)



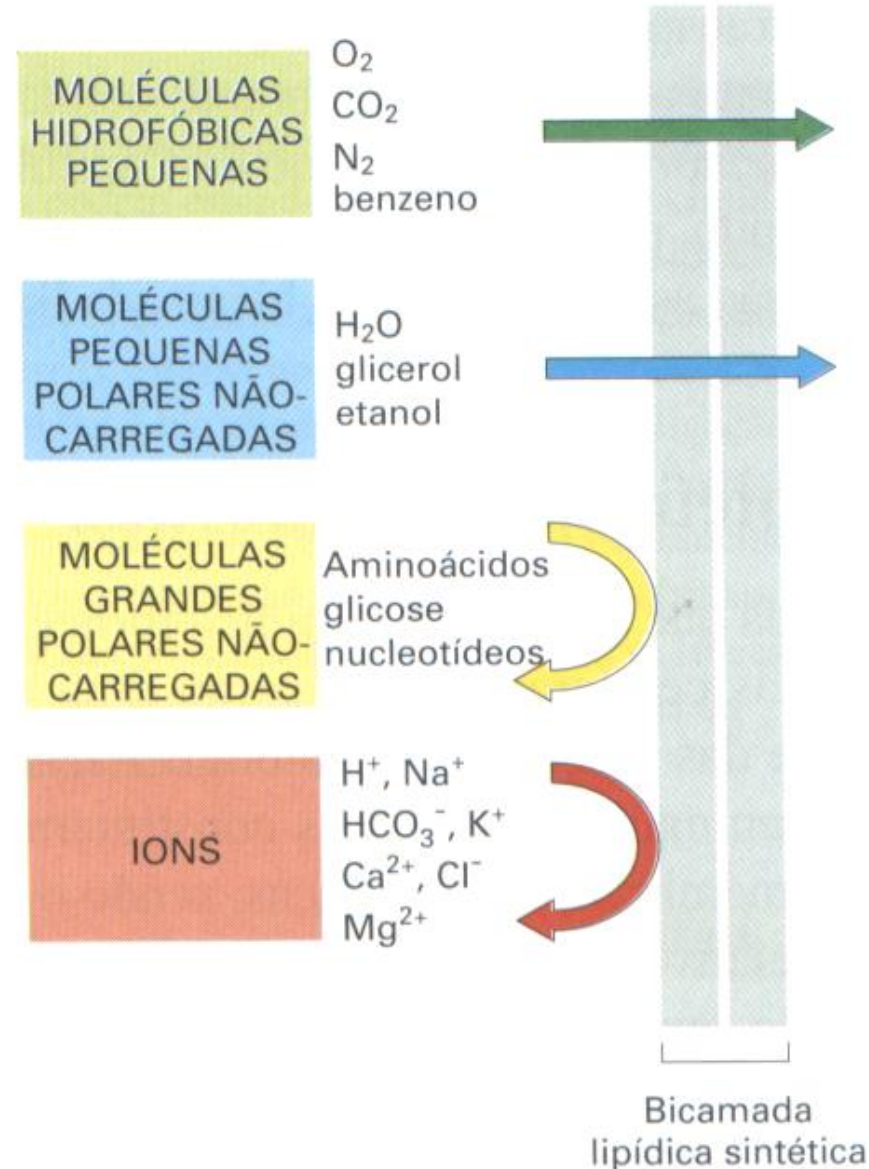
(B)



# Permeabilidade Seletiva

- **hidrofobia** - impede passagem de moléculas hidrofílicas
  - taxa de difusão depende: **tamanho e polaridade**
    - quanto < tamanho - > taxa de difusão
    - quanto > hidrofóbica - > taxa de difusão
1. **moléculas apolares pequenas**
    - ex. O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, ..
  2. **moléculas polares não carregadas**
    - ex. H<sub>2</sub>O, etanol, glicerol
  3. **moléculas grandes não carregadas e íons**
    - ex. AA, PTNs, glicose, dNTPs, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>

# Permeabilidade relativa da membrana



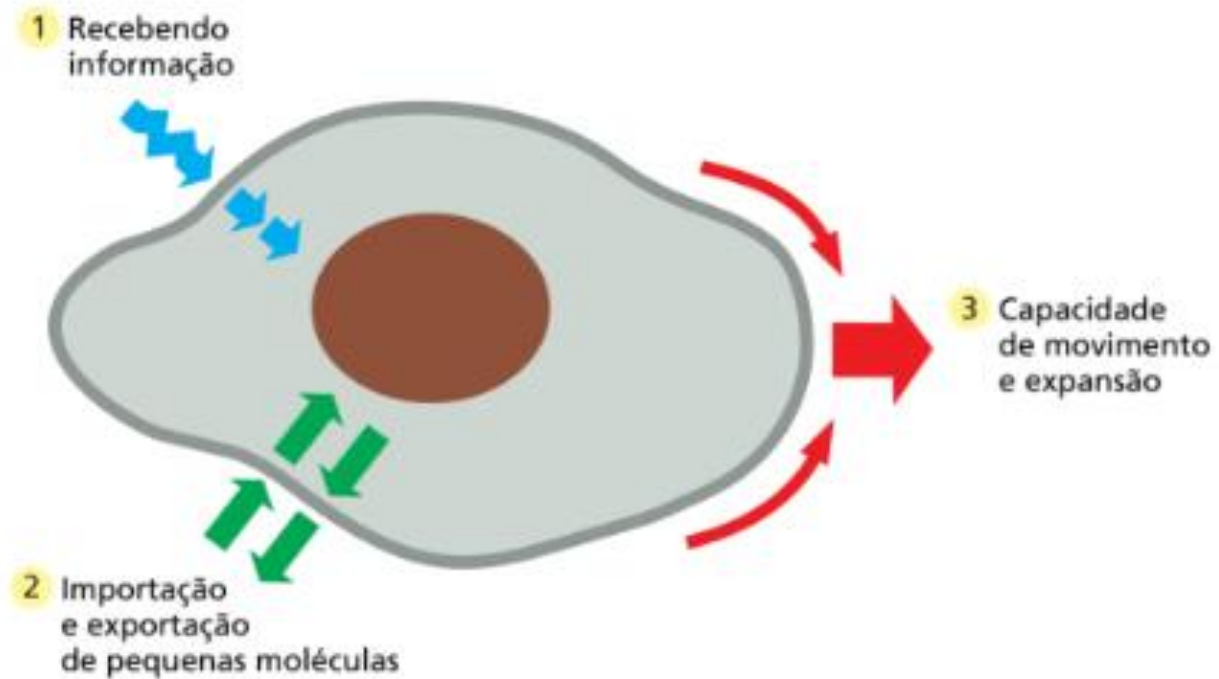
# Transporte através de membranas

## Transporte passivo

1. **Difusão simples:** pequenas moléculas apolares ( $O_2$ ,  $CO_2$  e outras)
2. **Osmose: ÁGUA** (difusão de água através da membrana)
  - movimento a favor de um gradiente de concentração
  - não requer proteínas de transporte
  - não requer gasto de energia
3. **Difusão facilitada:** íons e moléculas polares  
(proteínas carregadoras ou proteínas de canal)
  - movimento a favor de um gradiente de concentração
  - requer proteínas de transporte
  - não requer gasto de energia



# Algumas funções da membrana plasmática



# Funções da membrana plasmática

- Barreira de proteção
- Transporte de substâncias → regula o transporte de substâncias para dentro e para fora da célula
- Reconhecimento celular
- Sítios de adesão
- Respiração
- Inserção do flagelo
- Ancora os filamentos do citoesqueleto
- Sítio de ligação de enzimas

# Membrana Plasmática

## Membranas compostas de lipídeos e proteínas

### Estrutura geral comum

- **Lipídeos** - formam bicamada lipídica  
estrutura básica e barreira de permeabilidade
- **Proteínas** - mosaico  
transportadores, canais, bombas, enzimas, receptores, ..

# Bicamada Lipídica

## Lipídeos: moléculas anfipáticas

cabeça hidrofílica + cauda hidrofóbica

Mais abundantes = fosfolipídeos

- fosfatidilcolina, esteróides (colesterol),...

Hidrofílica - polar - solúvel em água

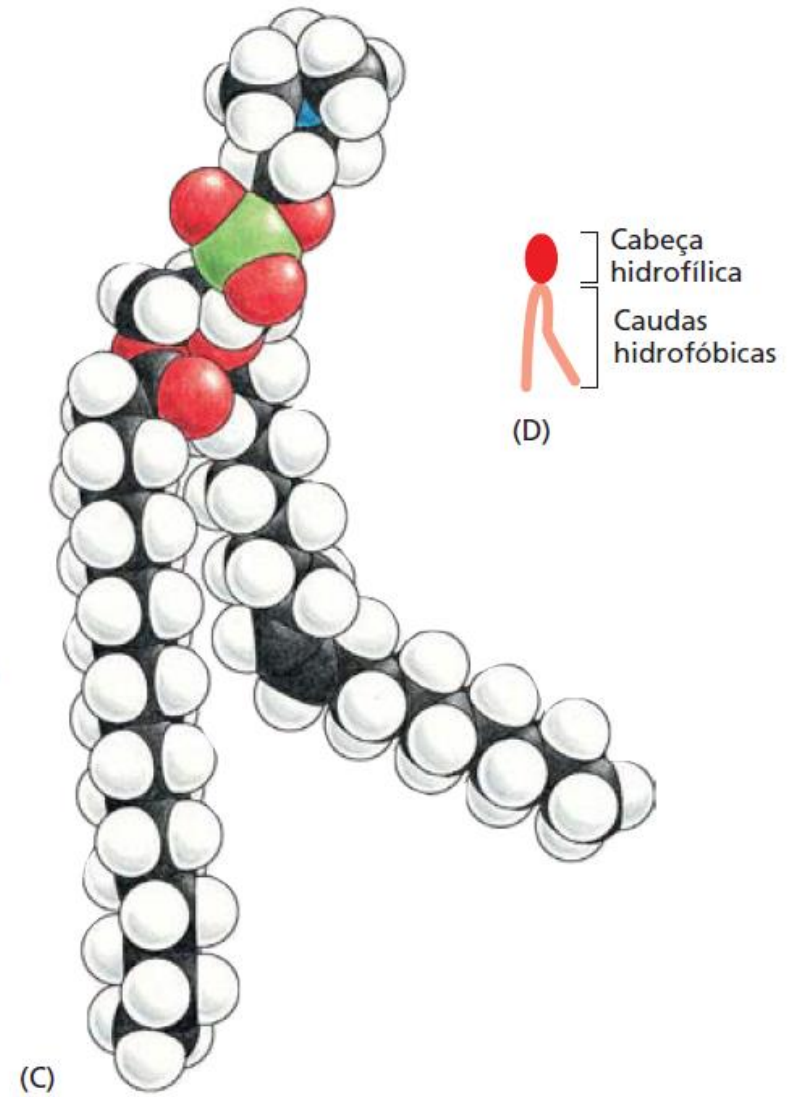
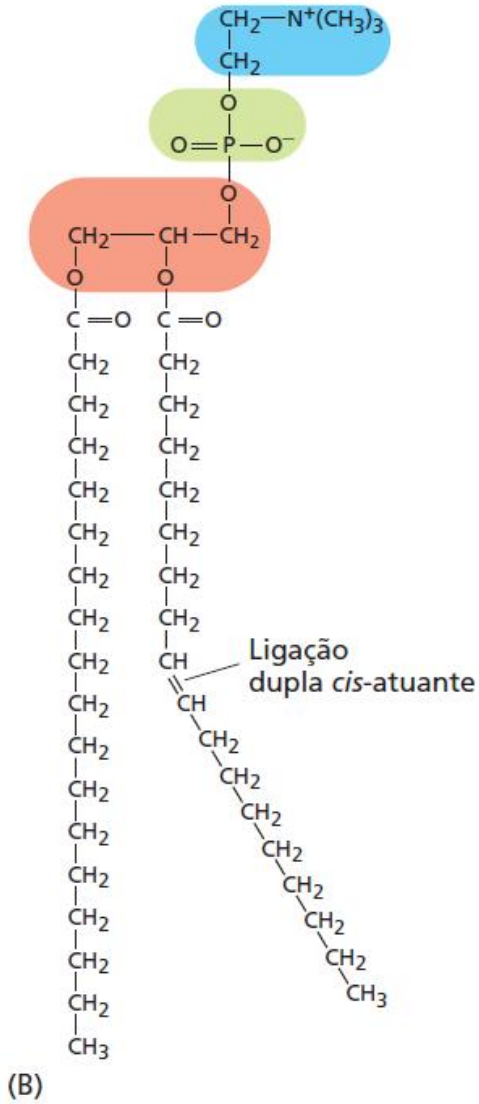
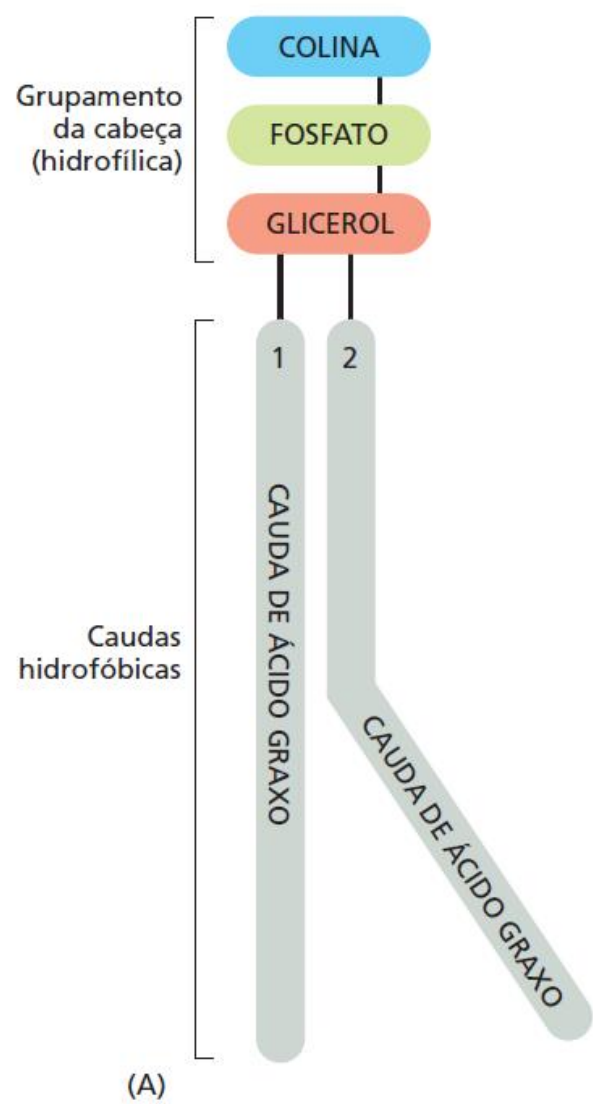
- ponte de hidrogênio com água (polar)

Hidrofóbica - apolar - insolúvel em água

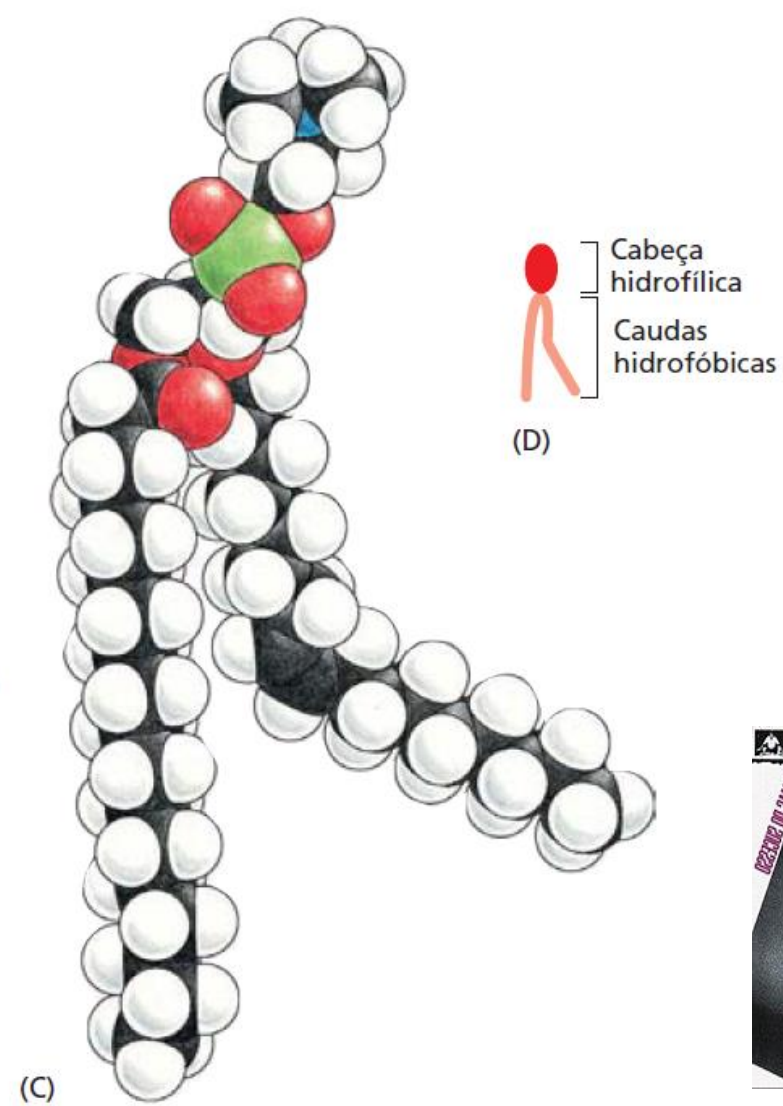
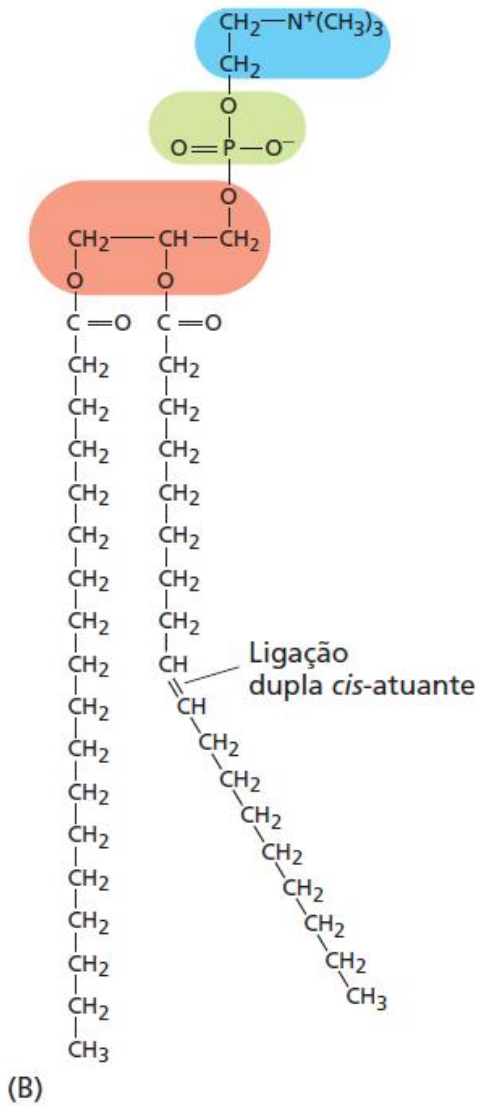
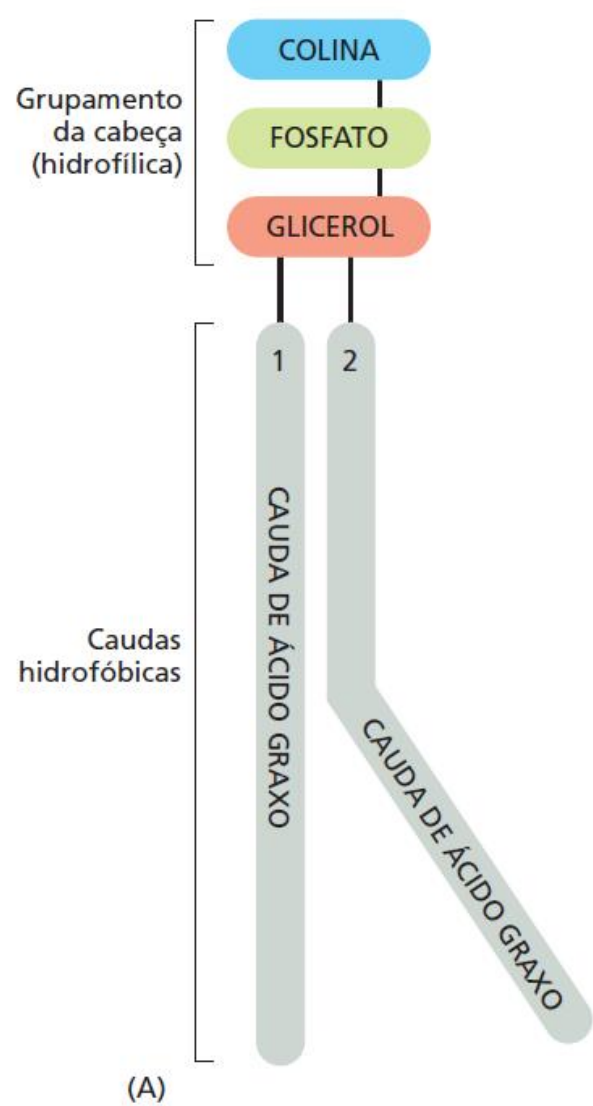
- sem ligação com água - estrutura -> gasto de energia

Anfipáticas = hidrofílica + hidrofóbica

Solução = formação de bicamada lipídica - **energeticamente favorável**



# Fosfolipídeo



# Fosfolipídeo

# Bicamada Lipídica

## Propriedades:

### 1. Autosselante

- pequena ruptura – autosselantes
- grande ruptura - pequenas vesículas

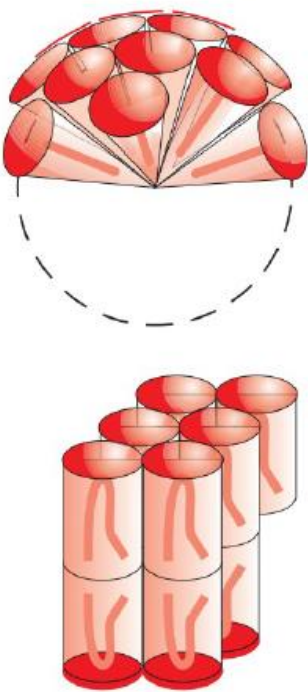
**Fundamental para formação da célula!**

### 2. Fluido bidimensional

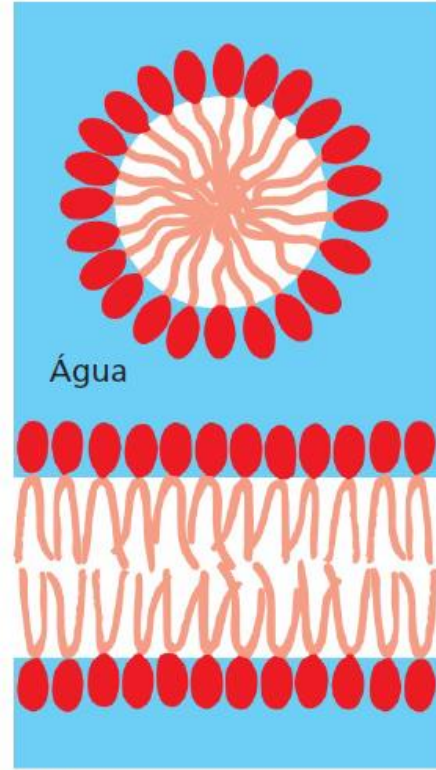
- ambiente aquoso - restringe escape de lipídeos
- permite mobilidade dentro da camada
- bicamadas lipídicas sintéticas - lipossomo  
= vesícula esférica (25 nm a 1 mm diâmetro)

Forma da molécula

Agrupamento das moléculas na água



(A)

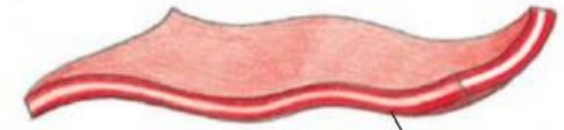


(B)

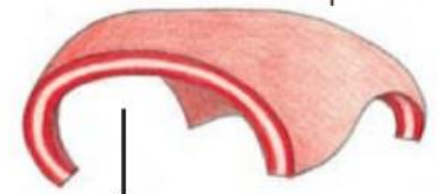
Micela

Bicamada lipídica

ENERGETICAMENTE DESFAVORÁVEL



Bicamada de fosfolípido plana com as bordas expostas à água

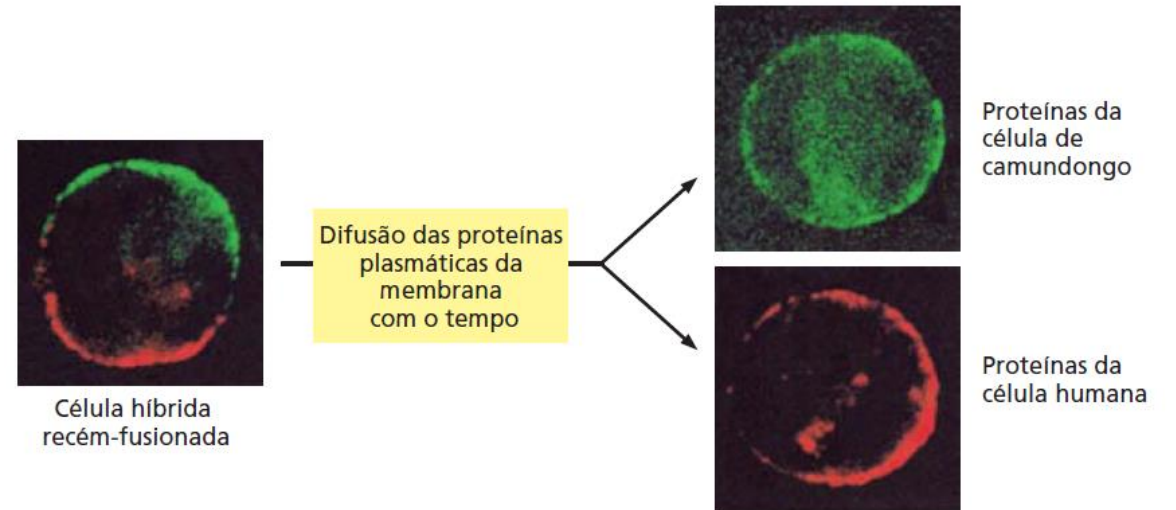
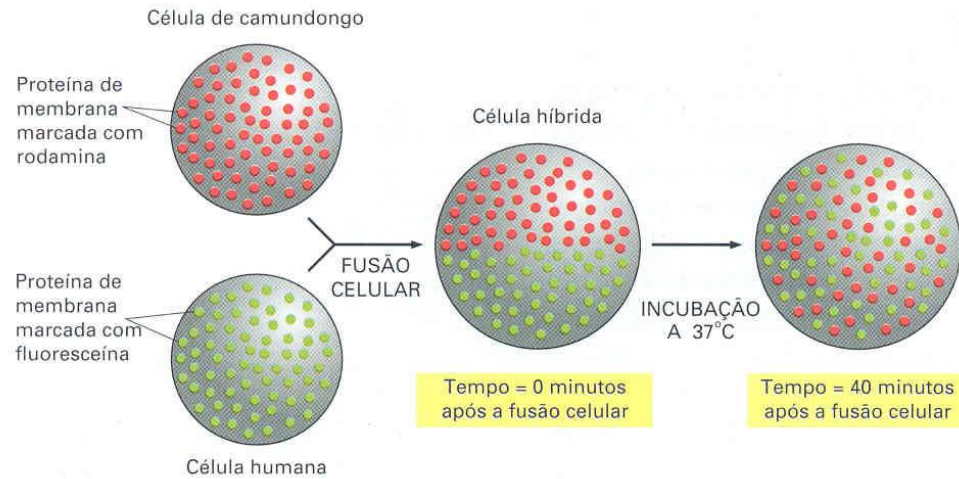


Compartimento selado formado pela bicamada de fosfolípido

ENERGETICAMENTE FAVORÁVEL



# Fluidez das membranas



# Bicamada Lipídica

## Fluido bidimensional

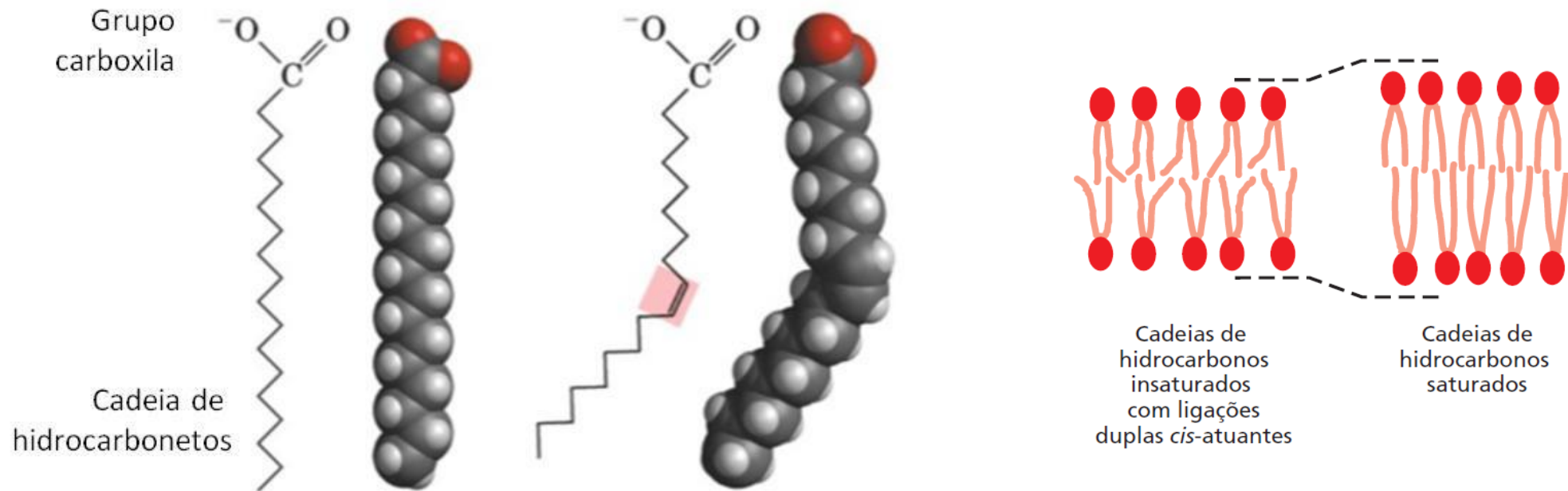
- movimento na camada - flexibilidade
  - difusão rápida na camada
- rotação das moléculas - função temperatura
- movimento de lipídeos entre camadas - raro
  - denominado de *flip-flop*

## Fluidez- função de temperatura e composição dos lipídeos

- comprimento da cauda - 14 a 24 Carbonos
  - < cadeia = maior fluidez
- insaturação
  - > insaturação = maior fluidez

# Classificação dos Lipídeos

## Fluidez da Membrana



Quanto mais insaturada mais fluida a membrana celular

# Bicamada Lipídica

## Fluidez da membrana

- define taxa de difusão de proteínas
- permite distribuição de lipídeos
- permite fusão de membranas
- permite divisão celular e distribuição homogênea de componentes da membrana
  
- em animais -> colesterol modula fluidez
  - colesterol molécula rígida - enrijece membranas

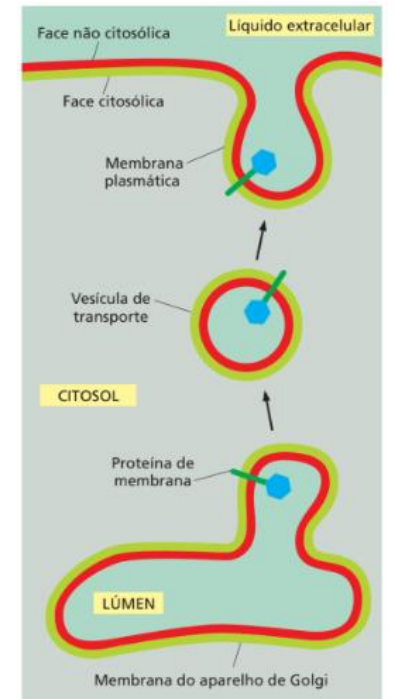
# Bicamada Lipídica

## Bicamada lipídica - assimétrica

- Camadas possuem composição distintas de fosfolipídeos e glicolipídeos, e proteínas – lado interno x externo

## Síntese de lipídeos - associadas às membranas

- Brotamento (RE liso) e fusão de vesículas
- Síntese de glicolipídeos: retículo endoplasmático
- Face interna (citosólica) e face externa
  - glicolipídeos - face externa
- Transferência entre camadas - *flipases*



# Membrana Plasmática

1972: S.J. Singer and G.L. Nicolson – **Modelo do Mosaico Fluido**

[February 1972 > Singer et al. , pp. 720 - 731](#)

Science 18 February 1972:

Vol. 175. no. 4023, pp. 720 - 731

DOI: 10.1126/science.175.4023.720

## ARTICLES

### The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes

S. J. Singer<sup>1</sup> and Garth L. Nicolson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of California at San Diego, La Jolla

<sup>2</sup> Armand Hammer Cancer Center of the Salk Institute for Biological Studies, La Jolla, California

A fluid mosaic model is presented for the gross organization and structure of the proteins and lipids of biological membranes. The model is consistent with the restrictions imposed by thermodynamics. In this model, the proteins that are integral to the membrane are a heterogeneous set of globular molecules, each arranged in an *amphipathic* structure, that is, with the ionic and highly polar groups protruding from the membrane into the aqueous phase, and the nonpolar groups largely buried in the hydrophobic interior of the membrane. These globular molecules are partially embedded in a matrix of phospholipid. The bulk of the phospholipid is organized as a discontinuous, fluid bilayer, although a small fraction of the lipid may interact specifically with the membrane proteins. The fluid mosaic structure is therefore formally analogous to a two-dimensional oriented solution of integral proteins (or lipoproteins) in the

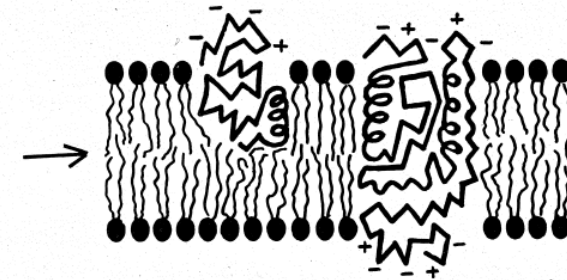


Fig. 2. The lipid-globular protein mosaic model of membrane structure: schematic cross-sectional view. The phospholipids are depicted as in Fig. 1, and are arranged as a discontinuous bilayer with their ionic and polar heads in contact with water. Some lipid may be structurally differentiated from the bulk of the lipid (see text), but this is not explicitly shown in the figure. The integral proteins, with the heavy lines representing the folded polypeptide chains, are shown as globular molecules partially embedded in, and partially protruding from, the membrane. The protruding parts have on their surfaces the ionic residues (- and +) of the protein, while the nonpolar residues are largely in the embedded parts; accordingly, the protein molecules are amphipathic. The degree to which the integral proteins are embedded and, in particular, whether they span the entire membrane thickness depend on the size and structure of the molecules. The arrow marks the plane of cleavage to be expected in freeze-etching experiments (see text). [From Lenard and Singer (3) and Singer (1)]

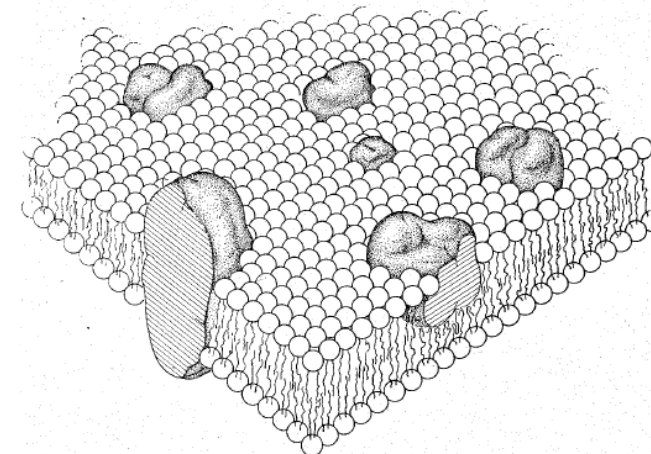
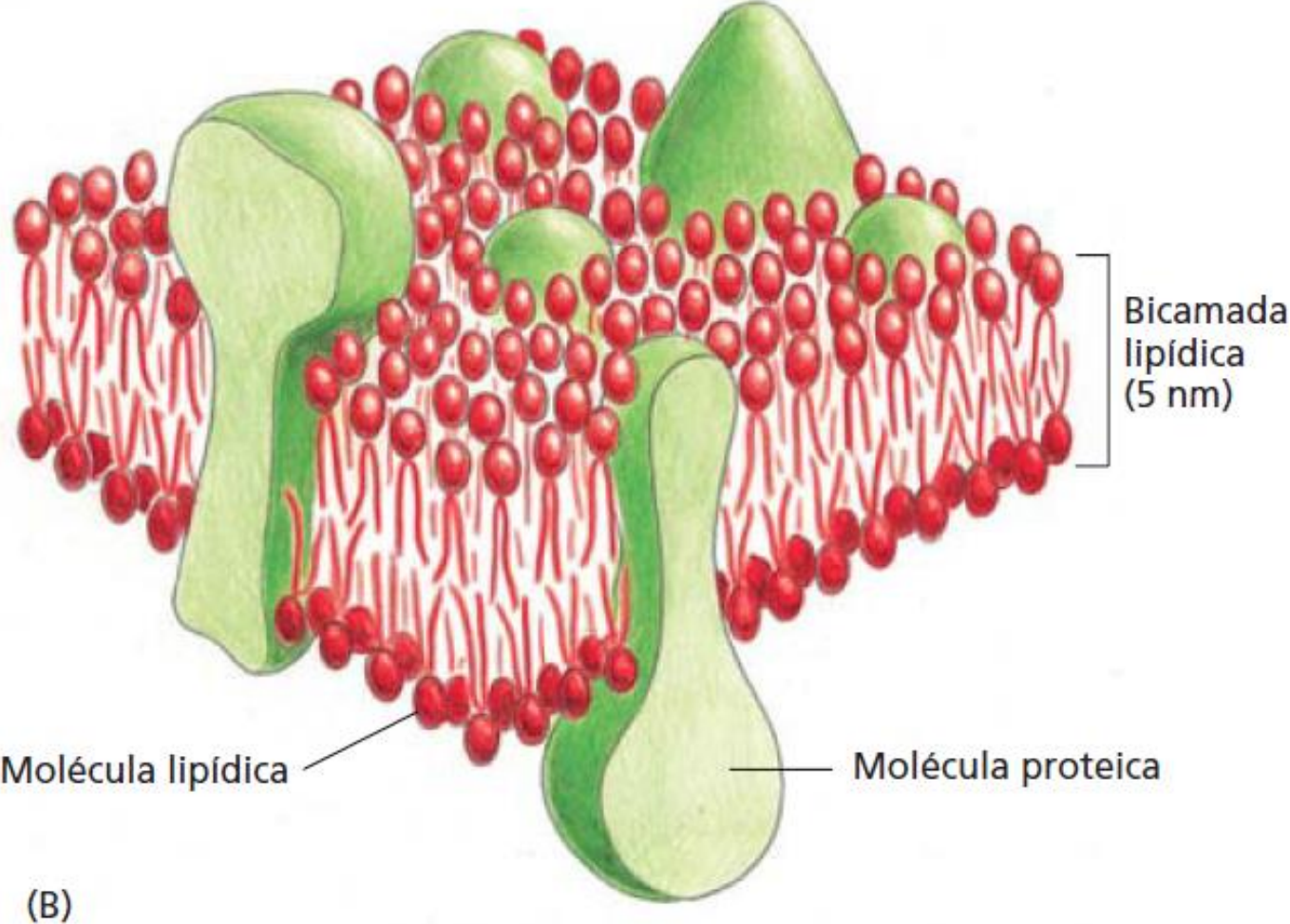
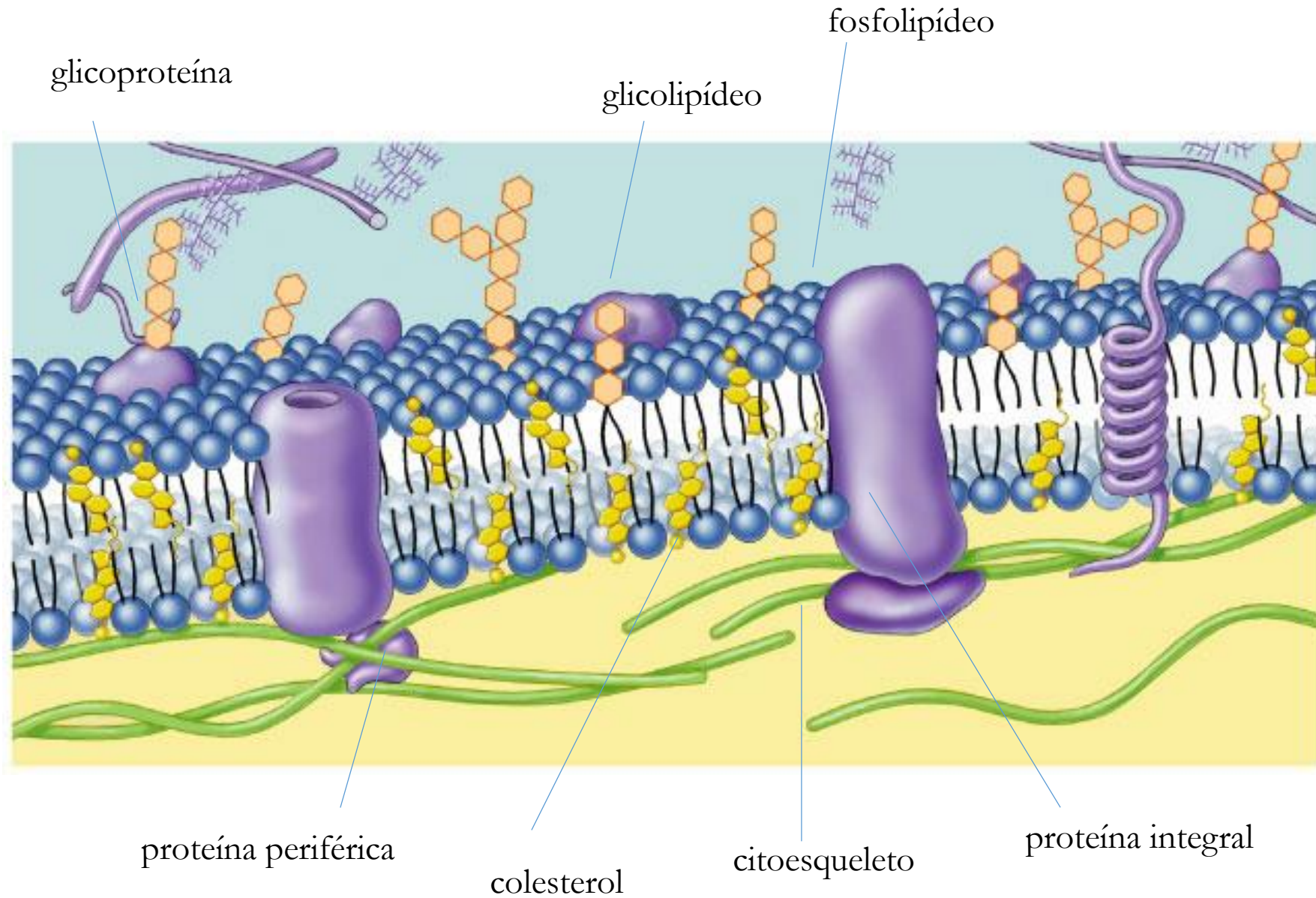


Fig. 3. The lipid-globular protein mosaic model with a lipid matrix (the fluid mosaic model): schematic three-dimensional and cross-sectional views. The solid bodies with stippled surfaces represent the globular integral proteins, which at long range are randomly distributed in the plane of the membrane. At short range, some may form specific aggregates, as shown. In cross section and in other details, the legend of Fig. 2 applies.

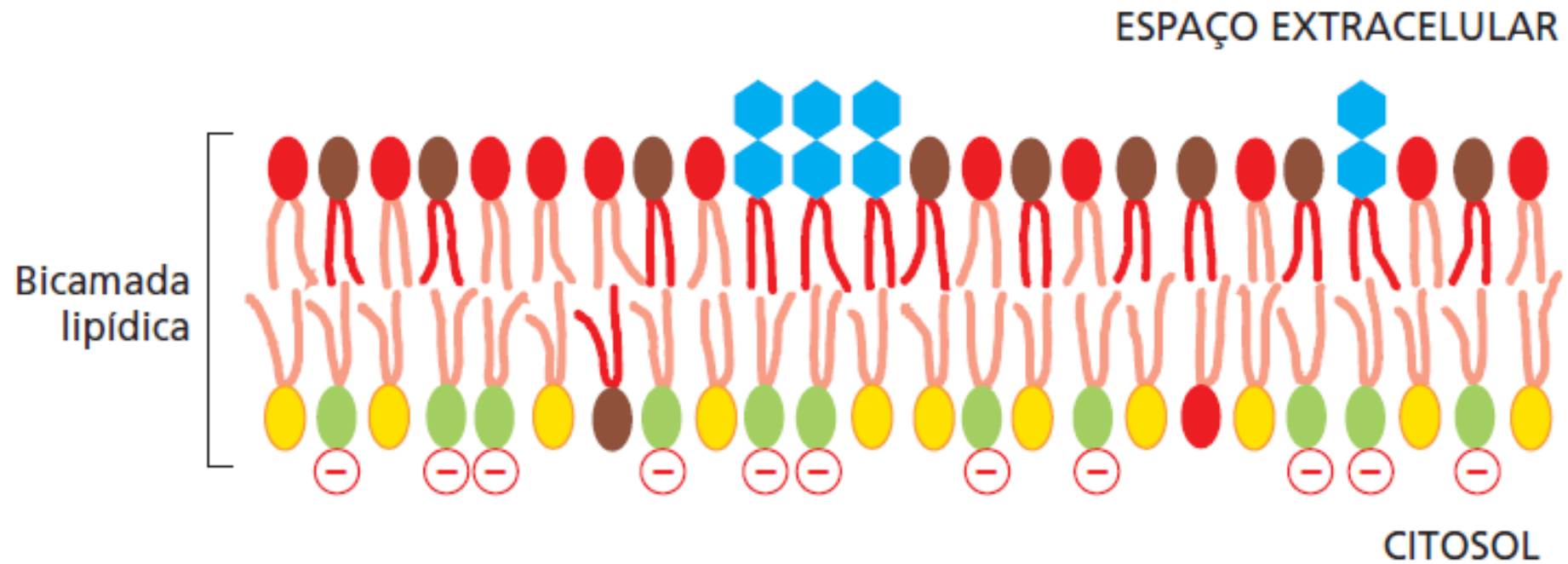
# Mosaico fluido







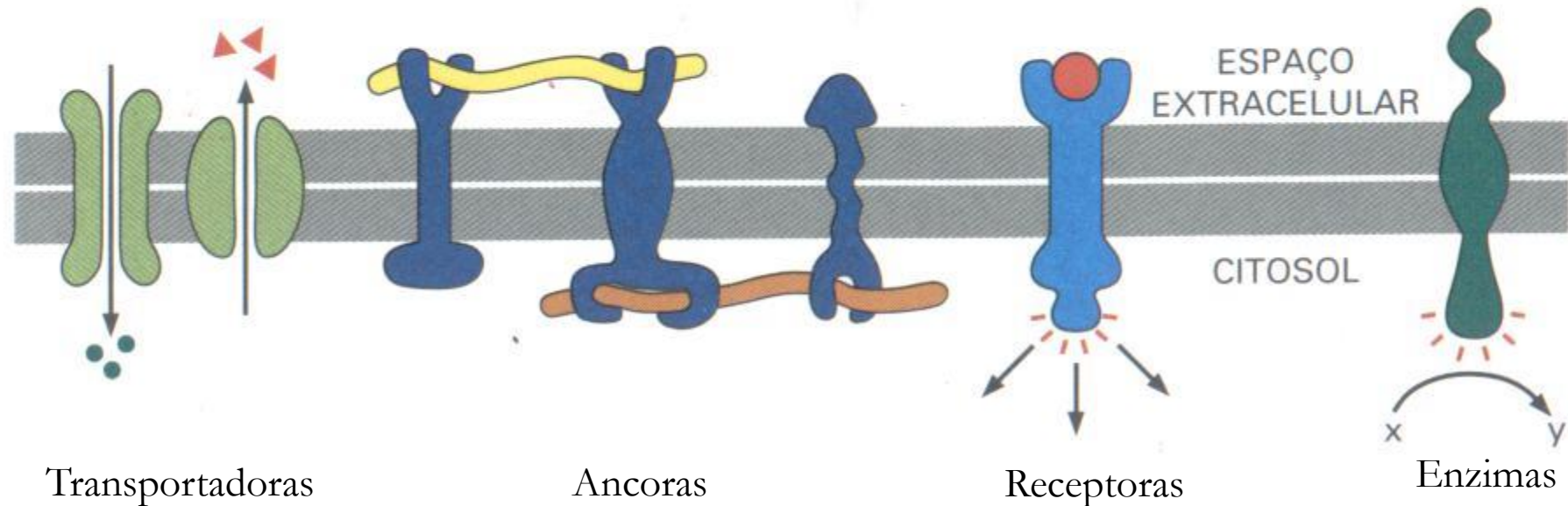
# Assimetria da bicamada fosfolipídica



# Proteínas de Membrana

- Responsáveis pelas principais funções da membrana
- Compõem até 50% da massa da membrana
  - restante são lipídeos e carboidratos
  - lipídeos são moléculas menores
- Responsáveis por transporte, ancoramento, receptores, enzimas, estruturais, ..

# Algumas funções das proteínas da membrana plasmática



# Proteínas de Membrana

## Associação das proteínas com membranas

### 1. Transmembranas:

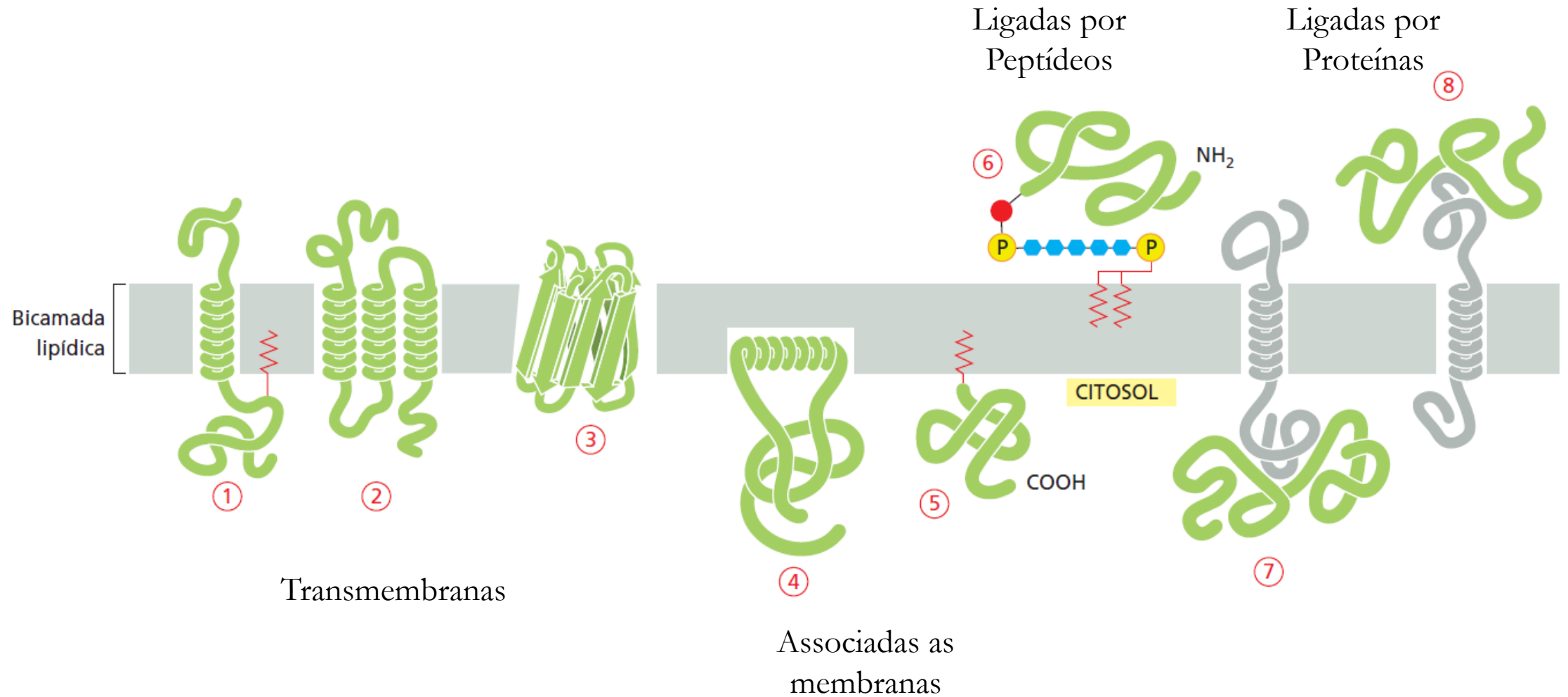
regiões hidrofóbicas no interior da membrana

motivo  $\alpha$ -hélice

### 2. Ligadas a lipídeos ancorados em membrana

### 3. Ligadas a proteínas de membrana

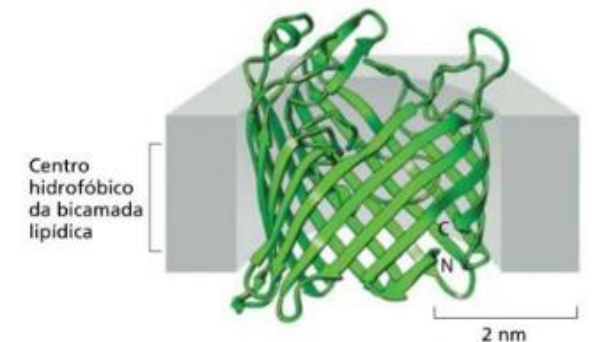
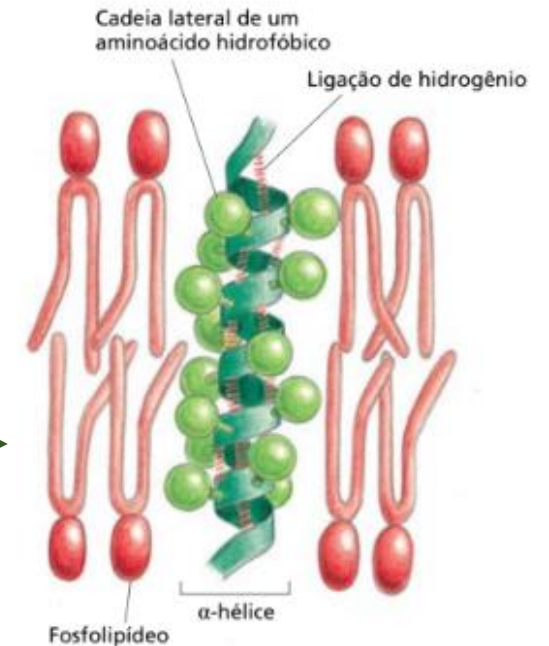
# Associação de proteínas à bicamada lipídica



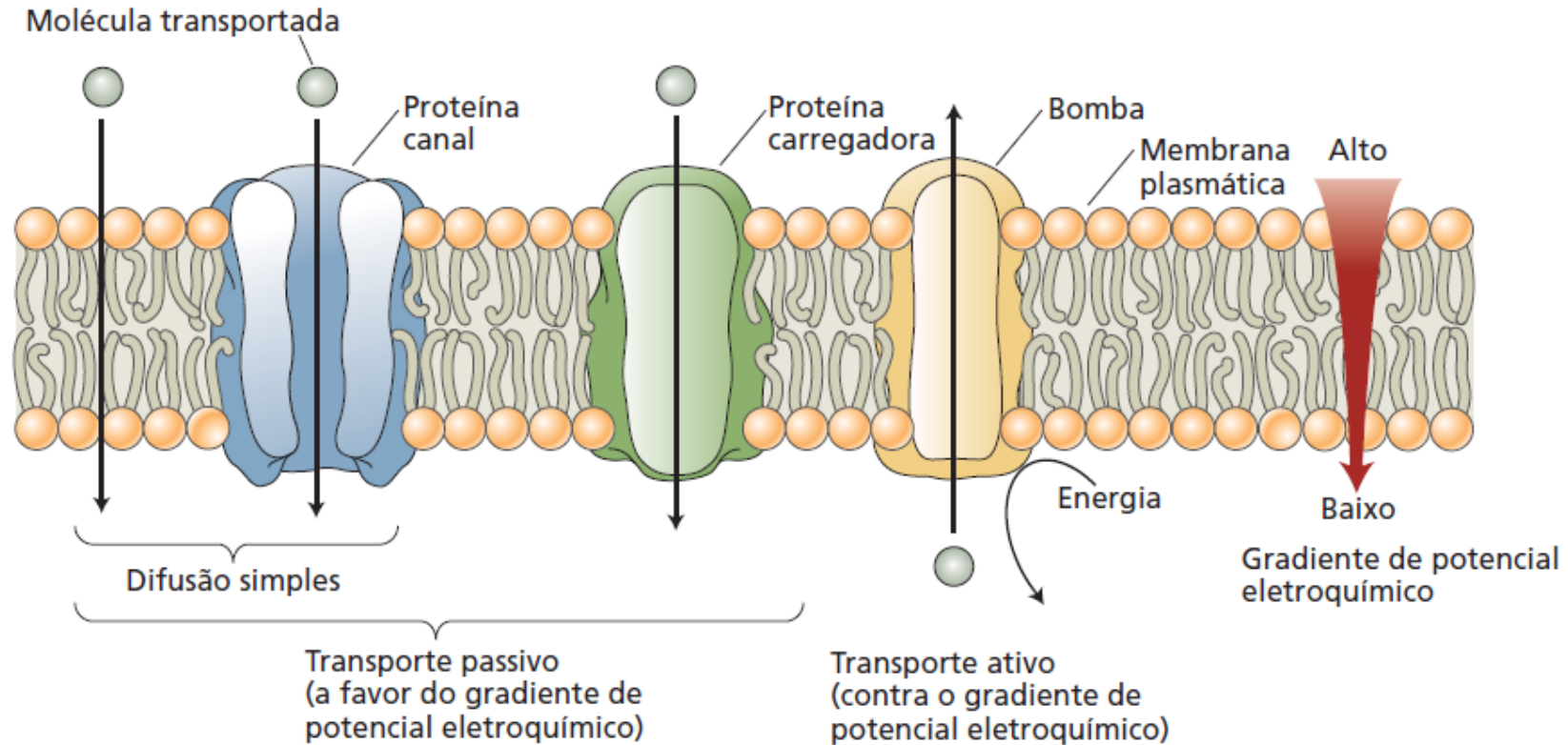
# Proteínas de Membrana

## Proteínas transmembranas

- Amino ácidos hidrofóbicos
- ligações peptídicas - polares
- neutralizadas por pontes de H entre elas
- Conformação de  $\alpha$ -hélice regular
  - cadeias hidrofóbicas - face exterior
  - ligações peptídicas - face interior
- um domínio transmembrana - receptores
- vários domínios transmembrana - complexos
  - hidrofóbico e hidrofílico (interno)
- motivos  $\alpha$ -hélice e/ou  $\beta$ -barril - formar “poros”



# Transporte através da membrana plasmática

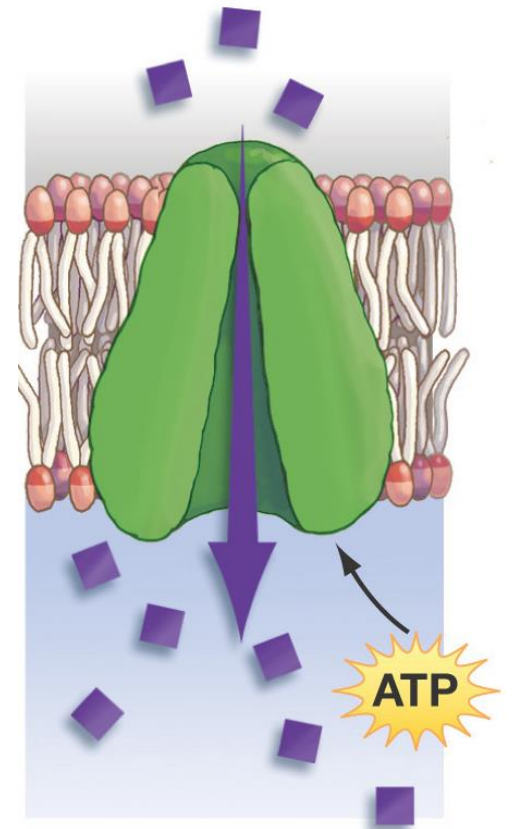


# Transporte através de membranas

## Transporte ativo

Íons e moléculas (açúcares, aminoácidos) polares (frequentemente envolvem bombas de prótons)

- movimento contra um gradiente de concentração
- requer proteínas de transporte
- requer gasto de energia





# Transporte através de membranas

Transporte através da membrana depende de proteínas específicas

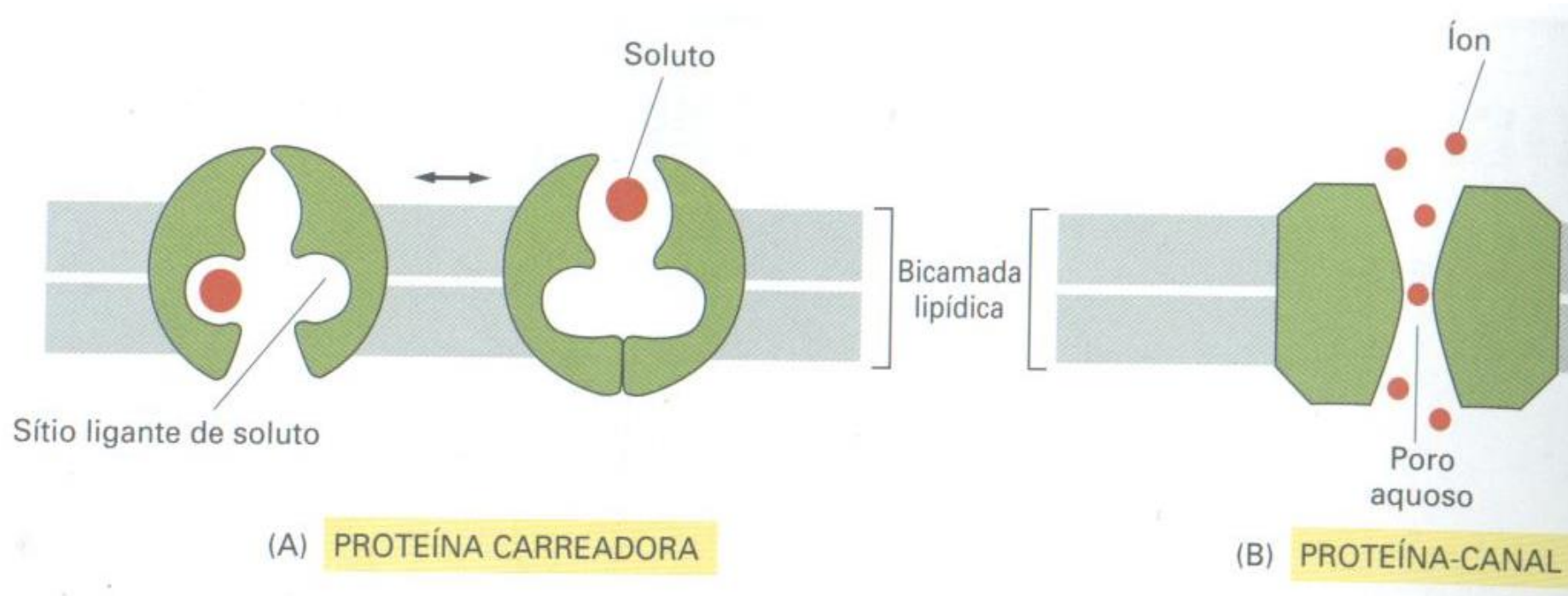
**1. Proteína carreadora/transportadores:** leva soluto de um lado para outro da membrana por mudança de conformação

- moléculas orgânicas pequenas ou íons

**2. Proteínas- canais iônicos:** poros hidrofílicos

- íons

# Proteínas transportadoras da membrana

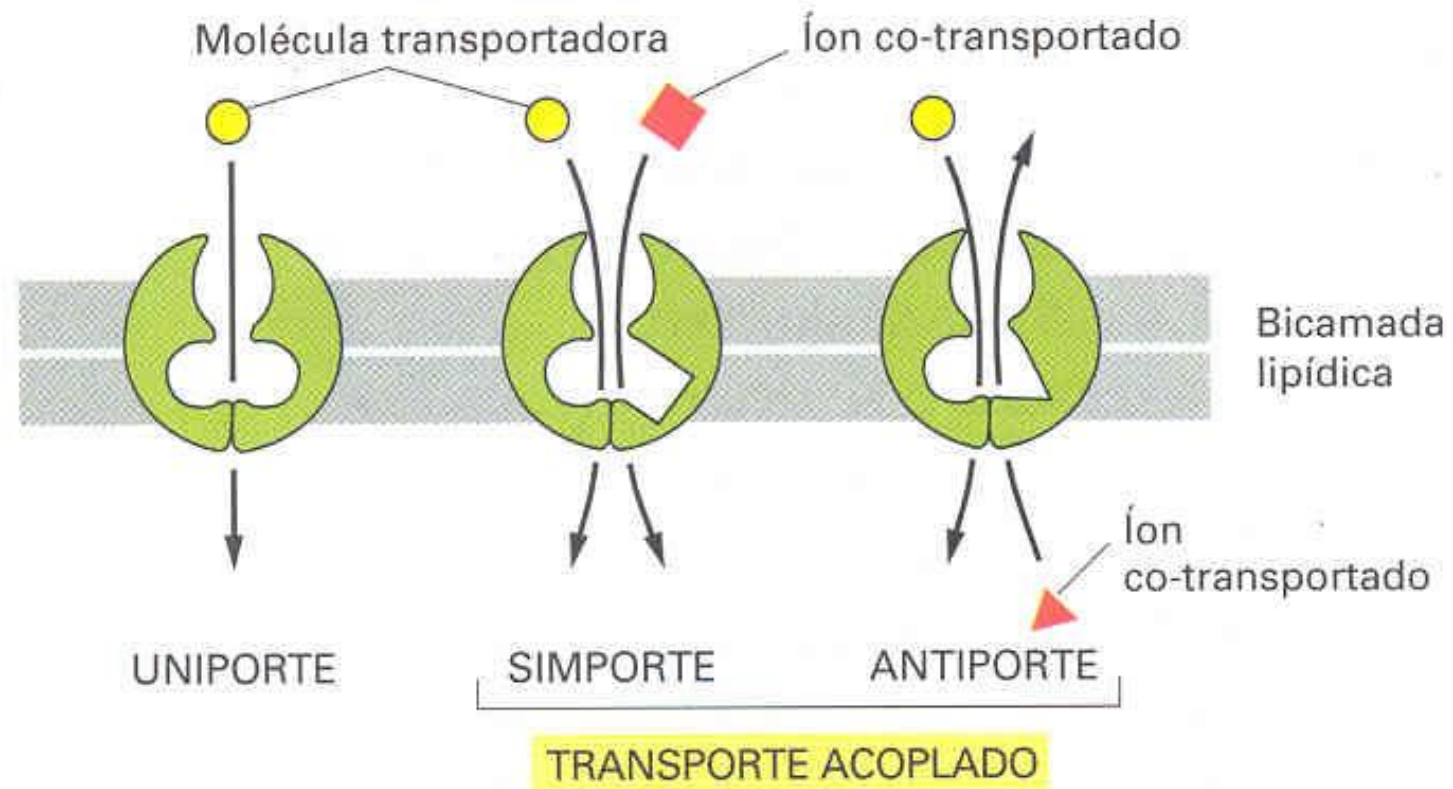


Alberts et al., 1999

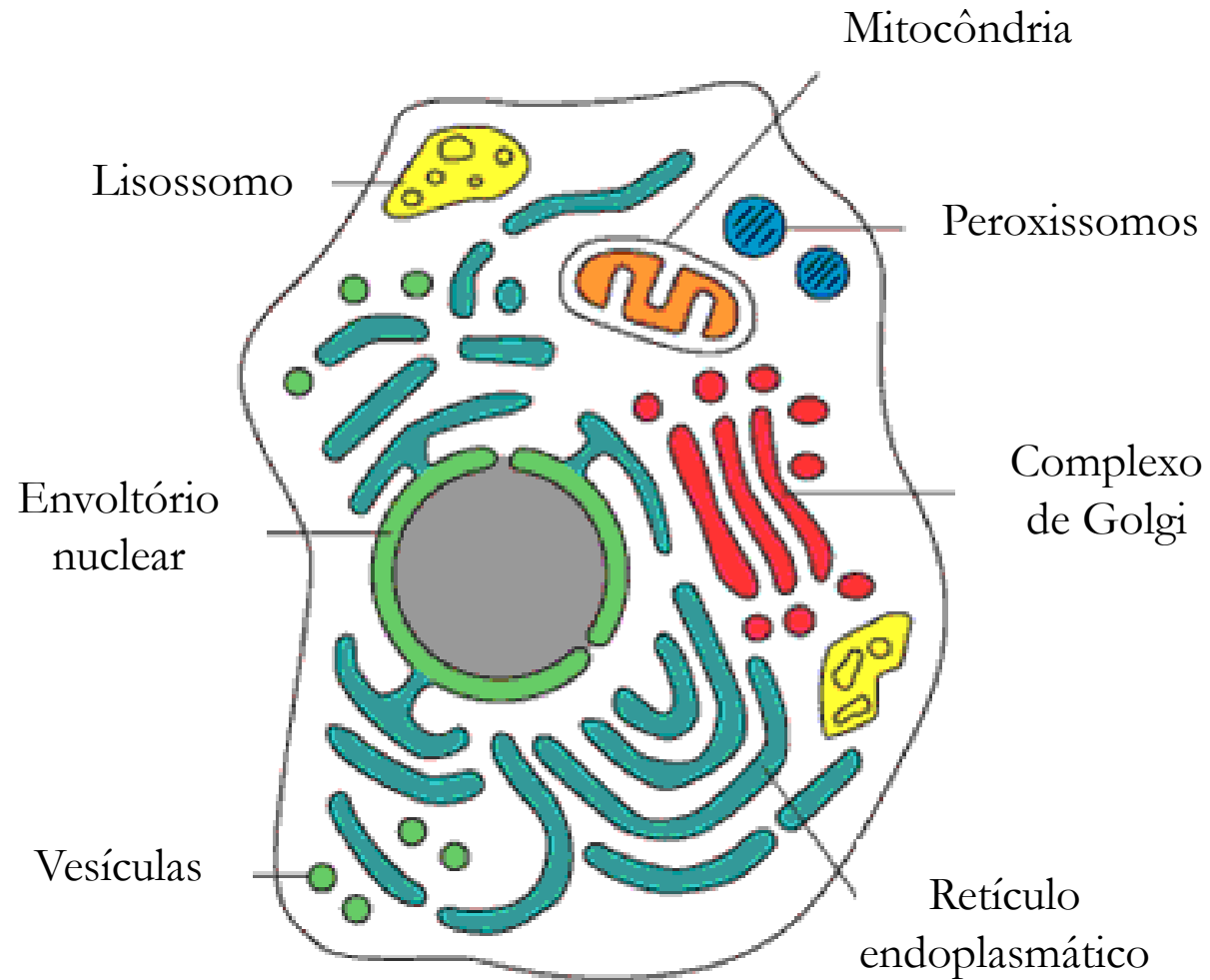
# Transporte através de membranas

## Transporte ativo

- Transportadores acoplados: associa transporte de solutos
  - **Simporte:** mesma direção dos solutos
  - **Antiporte:** direção oposta dos solutos
- Bombas movidas por ATP: hidrólise de ATP
  - bomba de Na em animais
  - bomba de H<sup>+</sup> em vegetais
- Bombas movidas por luz (bactéria)



# Sistemas de Endomembranas



**Compartimentalização!**

# Sistemas de Endomembranas

- Retículo endoplasmático (liso e rugoso)
- Complexo de Golgi
- Endossomos
- Lisossomos
- Peroxissomos

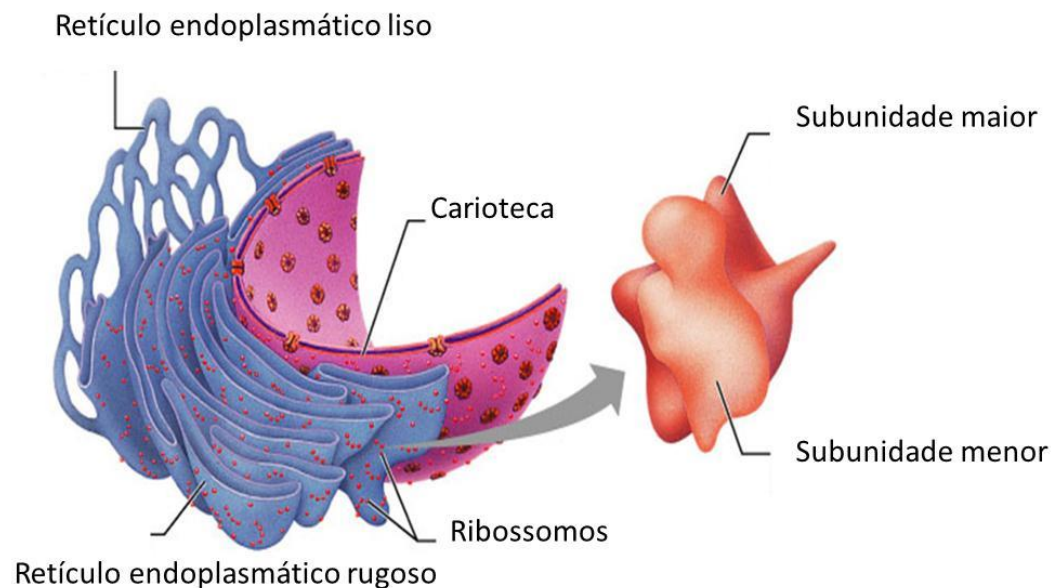
**Em geral, dupla camada lipídica, similar à membrana plasmática**

- Face citosólica (voltada para o citoplasma) e face luminal (interior da organela)
- Variam de acordo com o tipo celular

# Retículo Endoplasmático (RE)

- RE se distribui por todo o citoplasma, do núcleo até a membrana plasmática
- Composto por túbulos e sacos achatados totalmente interconectados
- Mantidos posicionados pelo citoesqueleto.

**Dois tipos:**  
**Retículo Endoplasmático**  
**Rugoso (RER)**  
**Liso (REL)**



# Retículo Endoplasmático (RE)

## RE RUGOSO

- Síntese de proteínas
- Acúmulo, processamento e transporte de proteínas
- Espécie de sistema circulatório para **distribuição intracelular** ou para o **exterior** da célula, transportando diversas substâncias, tais como moléculas e íons;
- Liberação de vesículas de transporte para o aparelho de Golgi

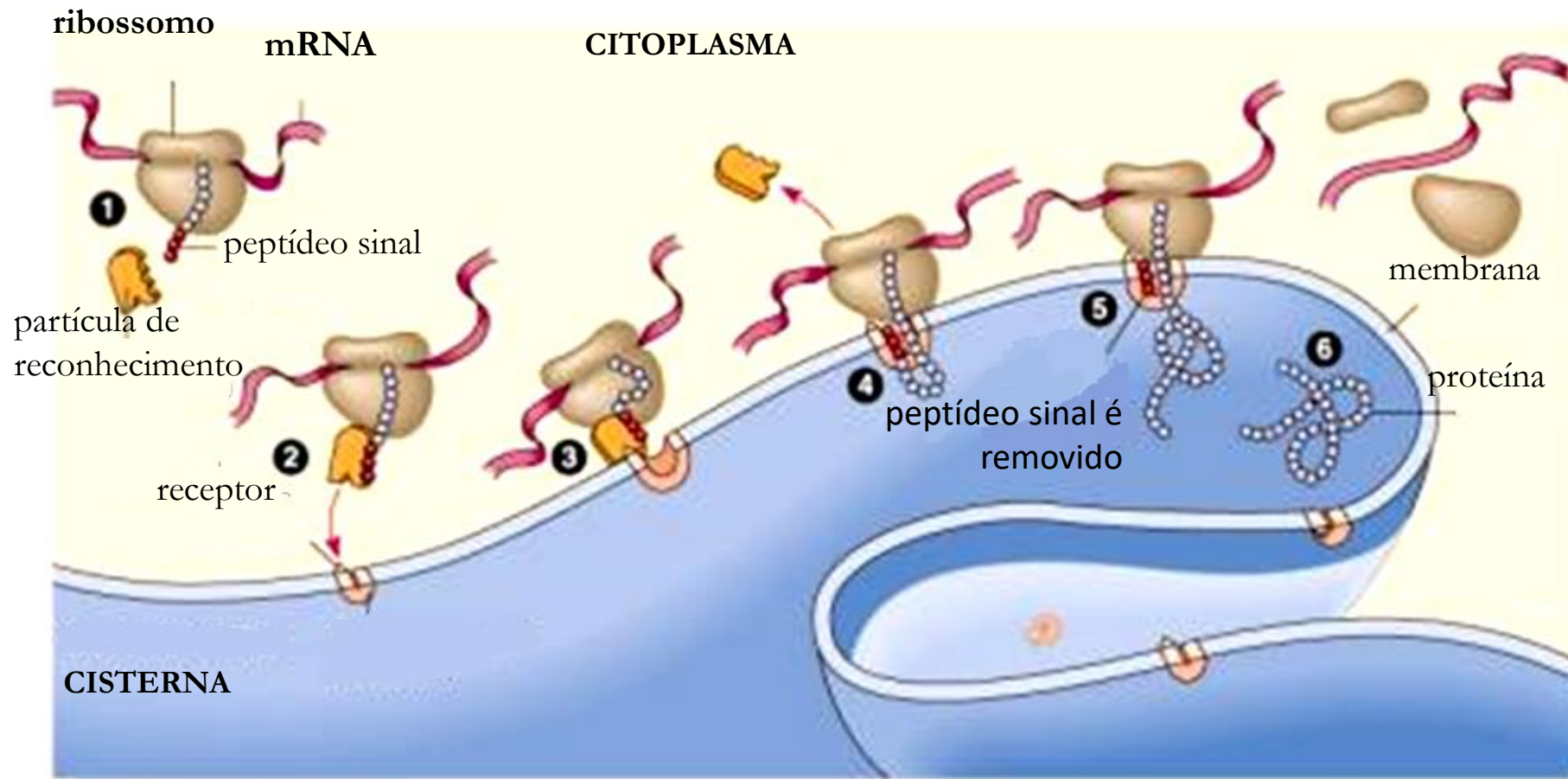
## RE LISO

- Predomina em células com alto grau de **síntese de lipídeos**, mediante auxílio de enzimas que sintetizam colesterol, triglicerídeos e fosfolipídeos
- **Desintoxicação** pelo aumento da atividade de enzimas induzidas quando altas quantidades de drogas são administradas a um animal

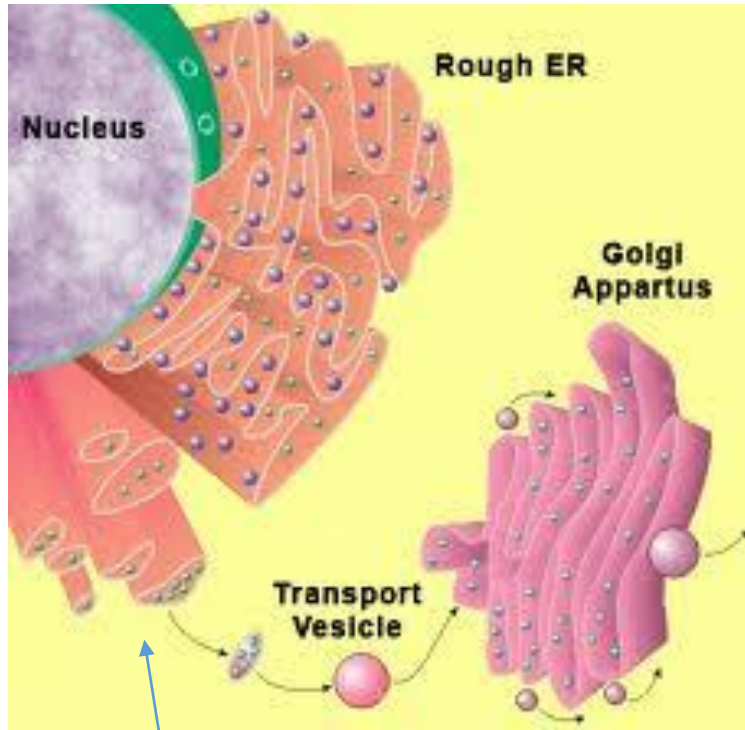


# Retículo Endoplasmático Rugoso

**RER:** síntese de proteínas secretadas e integrais de membrana



# Retículo Endoplasmático Rugoso



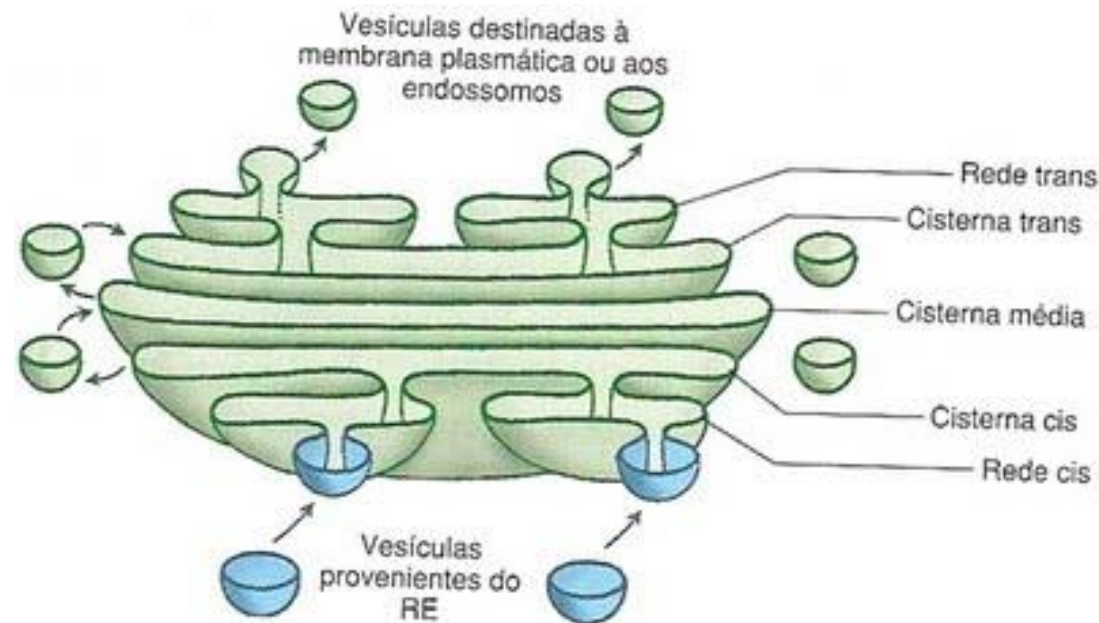
**Retículo endoplasmático transicional**

As vesículas brotam de uma região especializada do RER que não apresentam ribossomos

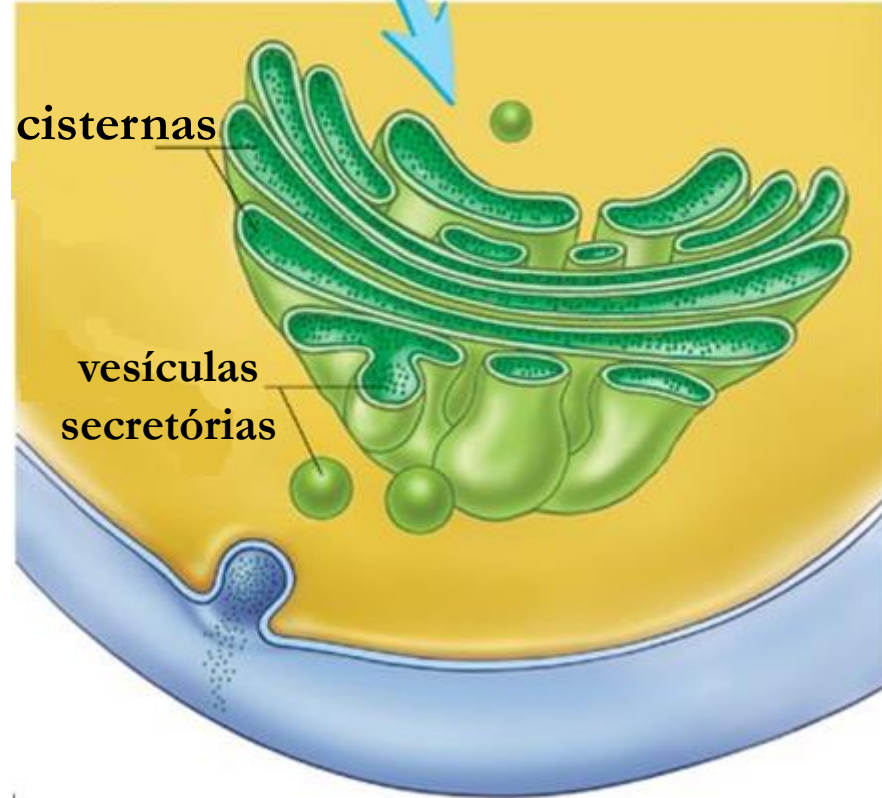
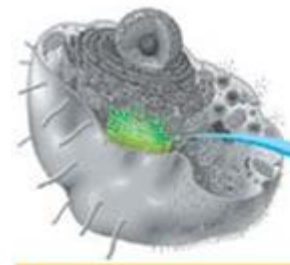
# Complexo de Golgi

## Funções:

- As principais estão relacionadas à sua posição intermediária entre o **RE** e o **espaço extracelular**
- Modificação, empacotamento e distribuição de proteínas e lipídios para secreção e uso interno
- É o principal local de síntese de carboidratos.



# Complexo de Golgi

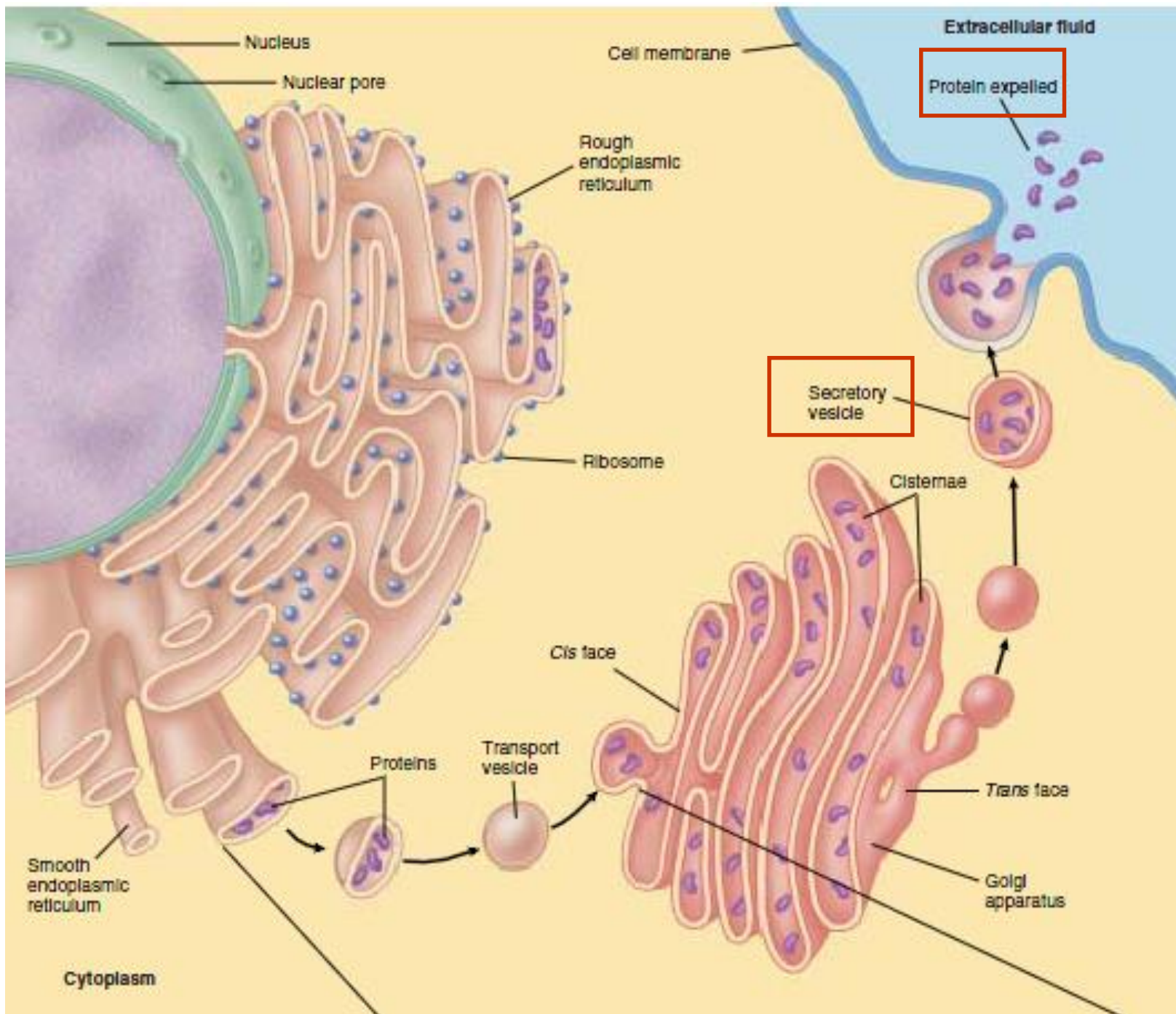


cisternas

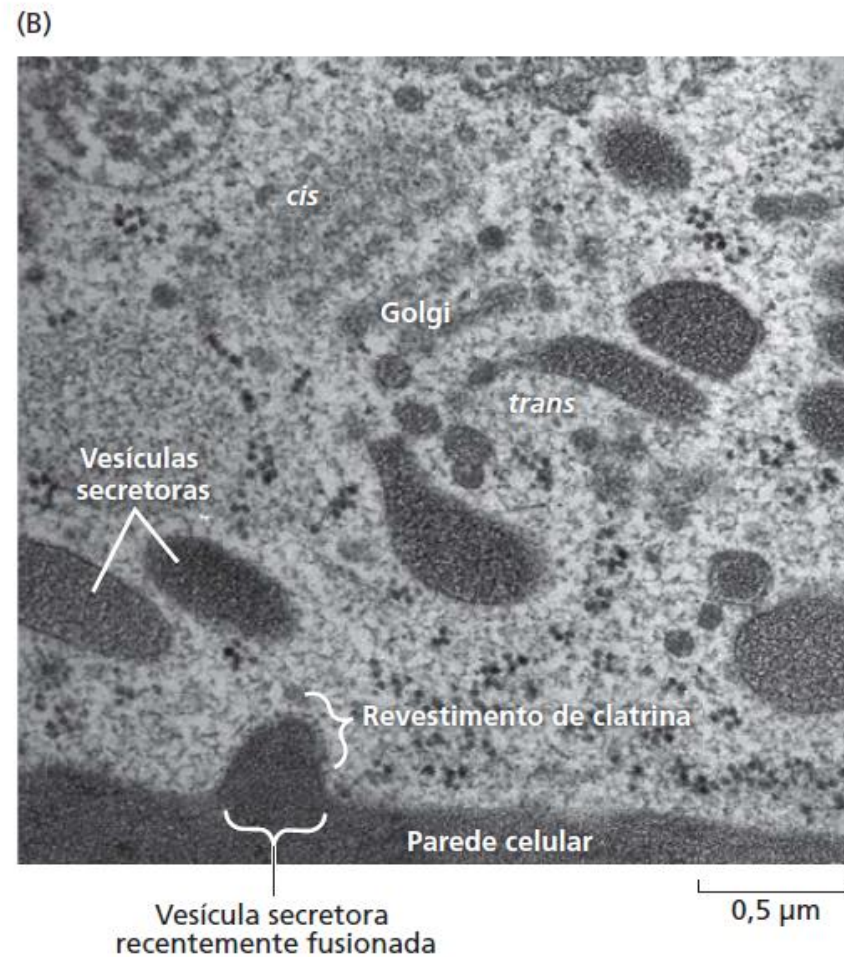
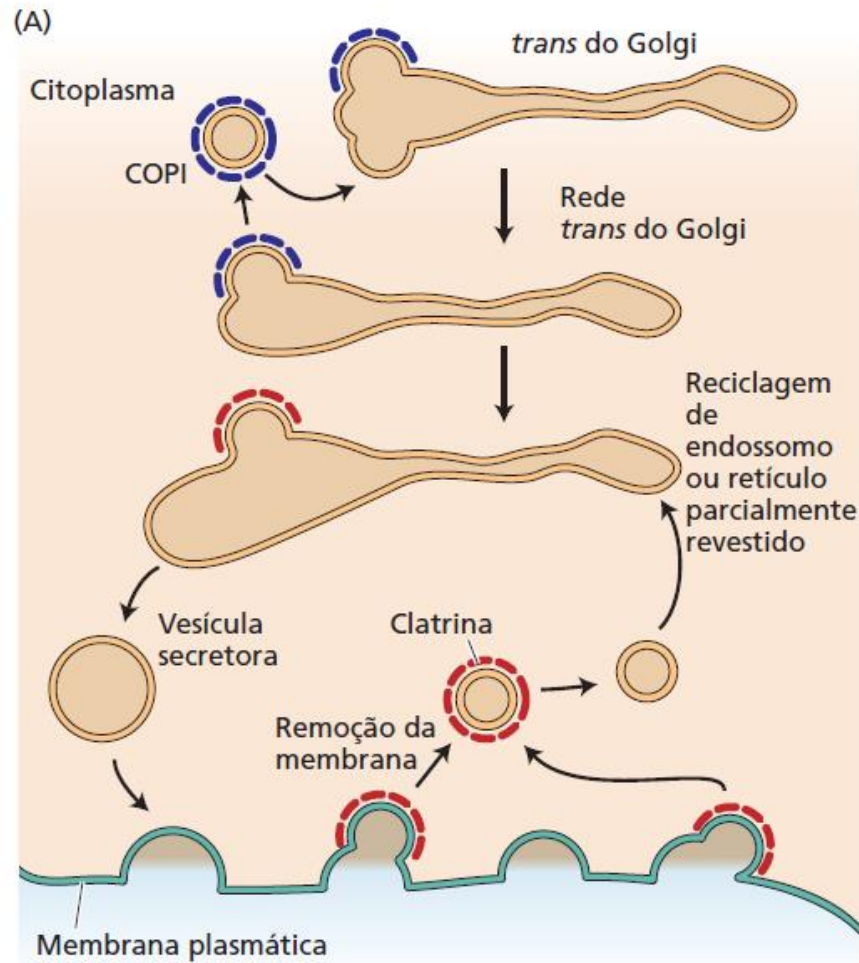
vesículas  
secretórias

Membrana plasmática

Cada pilha de cisternas é chamada **dictiossomo**



# Endossoma – remoção de excesso de membrana plasmática

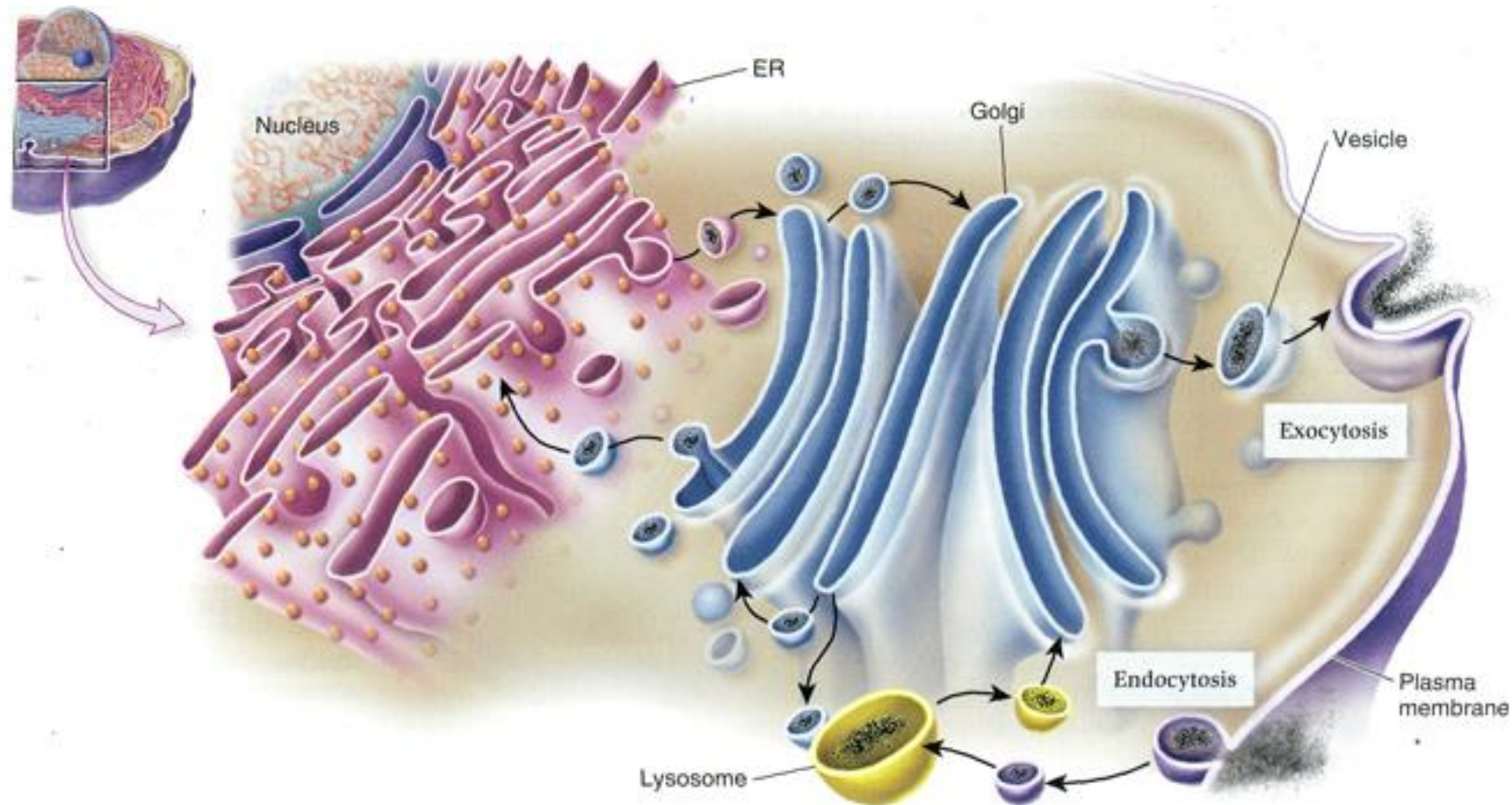


Reciclagem endocítica

# Lisossomos

Organelas que digerem os materiais incorporados por endocitose

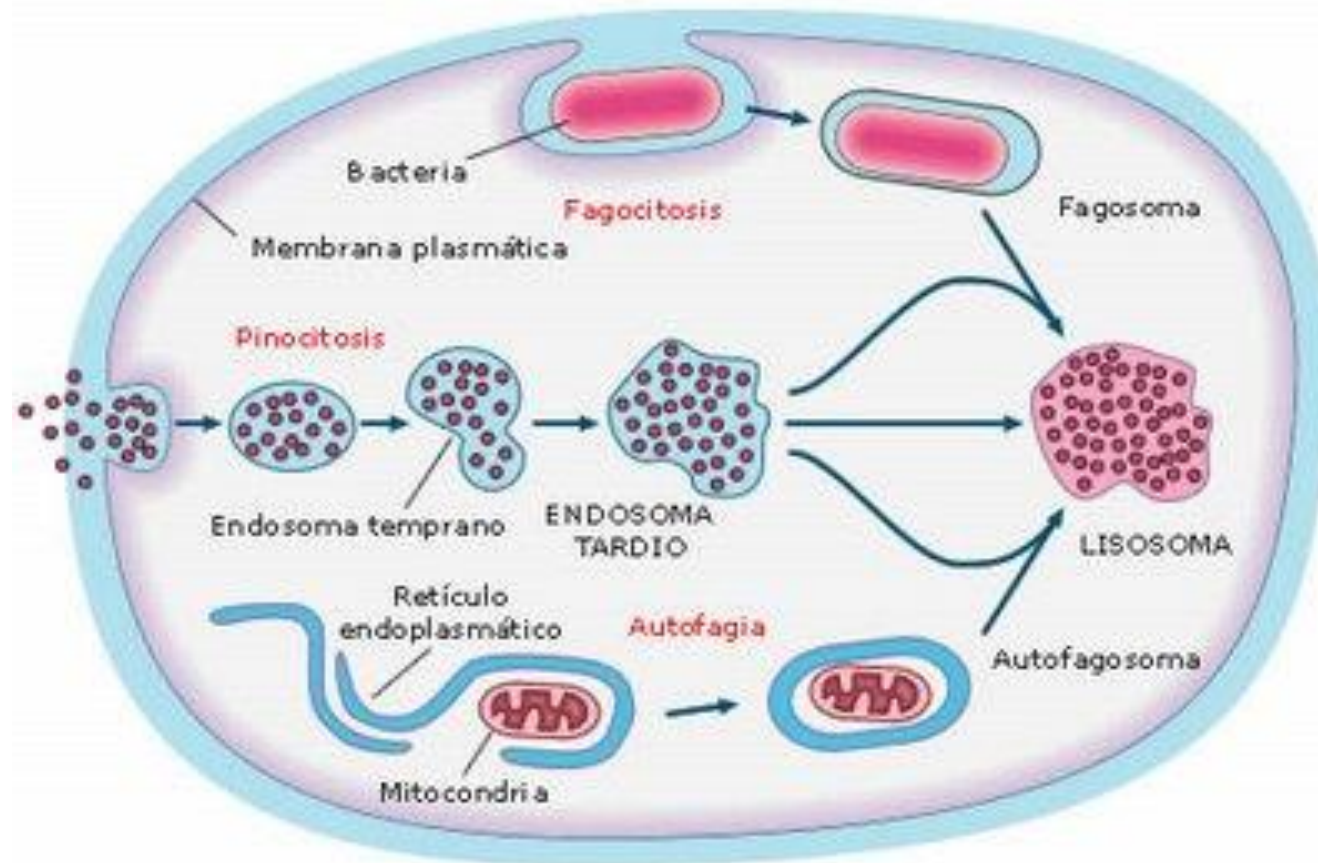
Acredita-se que os lisossomos sejam formados a partir de endossomos que receberam dois tipos de vesículas transportadoras, uma com material endocitado e outra com enzimas hidrolíticas



# Lisossomos

Três caminhos de degradação encontram-se nos lisossomos:

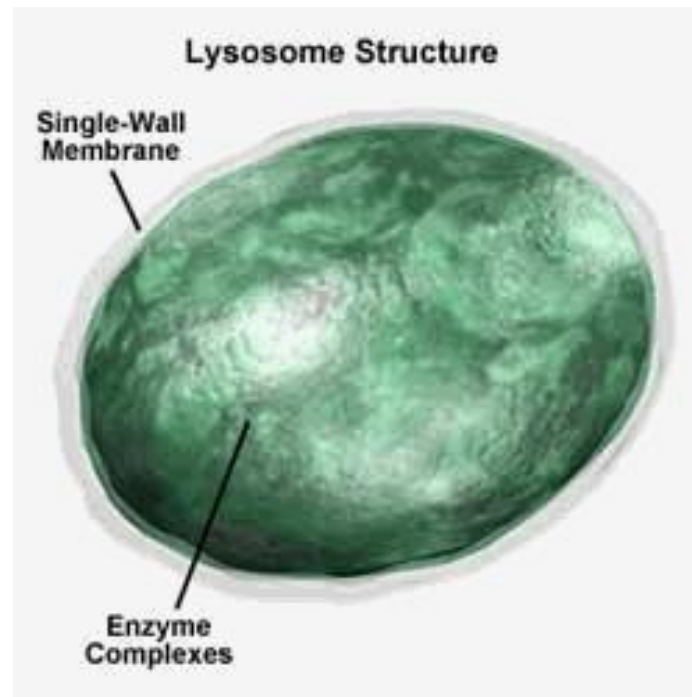
**pinocitose; autofagia; fagocitose**





# Lisossomos

Contém vários tipos de enzimas hidrolíticas que participam da digestão intracelular (hidrolases, DNAses, RNAses, lipases, fosfatases, proteases)



# Peroxisomos

- Organelas envoltas por membrana
- Contém enzimas para o metabolismo do **peróxido de hidrogênio**: peroxidases e catalases
- São formados no retículo
- Associados com desintoxicação: etanol
- Ocorrem em células renais e hepáticas

Em plantas estão associados à **fotorrespiração**

# Parede Celular

Constitui uma espécie de exoesqueleto que confere proteção e suporte mecânico para a célula – resistência mecânica

É fundamental para o equilíbrio entre a pressão osmótica intracelular e a tendência de entrada de água na célula – fluxo de água na planta

É composta por os mais diversos polímeros dependendo do organismo

## Plantas:

**TABELA 14.1** Componentes estruturais das paredes celulares vegetais

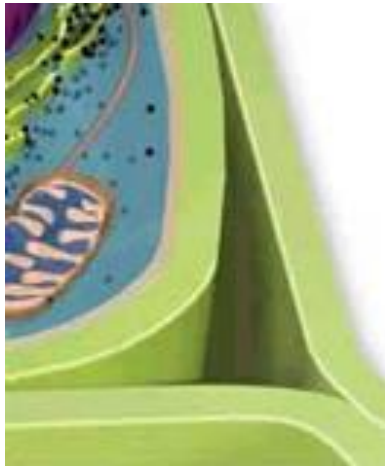
Classe	Exemplos
Celulose	Microfibrilas de (1→4)-β-D-glucano
Pectinas	Homogalacturonano Ramnogalacturonano I com cadeias laterais de arabinano, galactano e arabinogalactano Ramnogalacturonano II
Hemiceluloses	Xiloglucano Variantes de glucuronoarabinoxilano incluem glucuronoxilano e arabinoxilano Glucomanano Ligação mista de (1→3;1→4)-β-D-glucano
Proteínas não enzimáticas	(Ver Tabela 14.2)
Lignina	(Ver Figura 14.22)

**TABELA 14.2** Proteínas não enzimáticas da parede celular

Classes de proteínas da parede celular	Porcentagem de carboidratos	Localização principal no tecido
HRGP (glicoproteína rica em hidroxiprolina)	~55	Câmbio e parênquima vascular
PRP (proteína rica em prolina)	0-20	Xilema, fibras, parênquima cortical, pelos de raízes
GRP (proteína rica em glicina)	0	Xilema primário e floema
AGP (proteína arabinogalactano)	até 90	Expressão celular específica variada

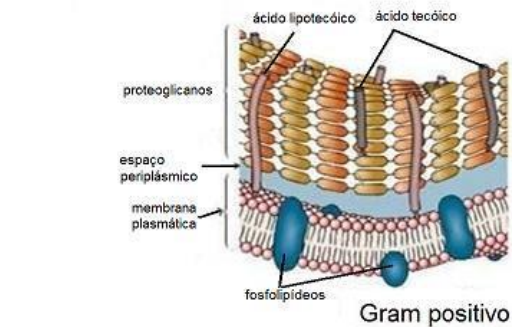
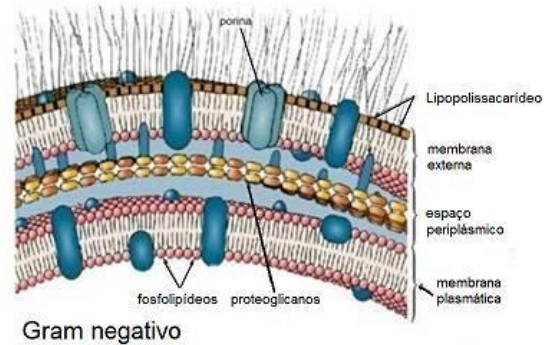
# Alguns tipos de células possuem Parede Celular

**Planta**



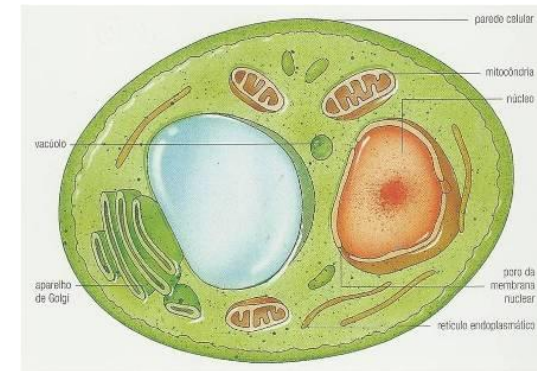
**Parede celular -  
predominantemente  
composta de  
celulose e  
hemicelulose**

**Bactéria**



**Parede celular -  
Peptideoglicano**

**Fungo**

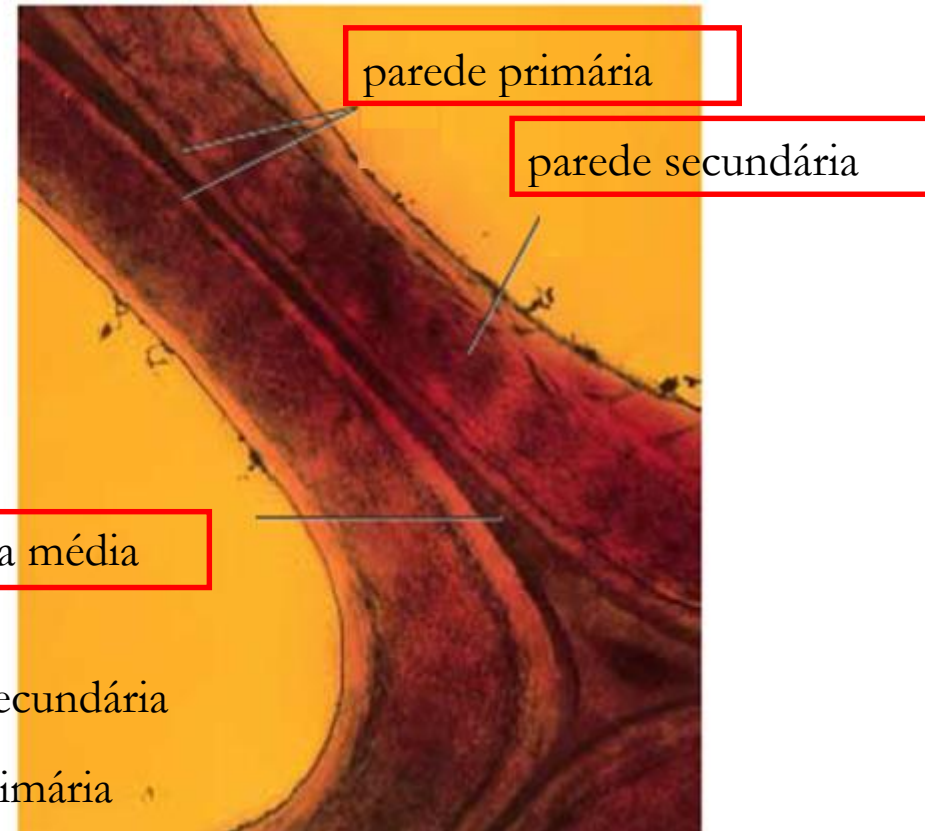
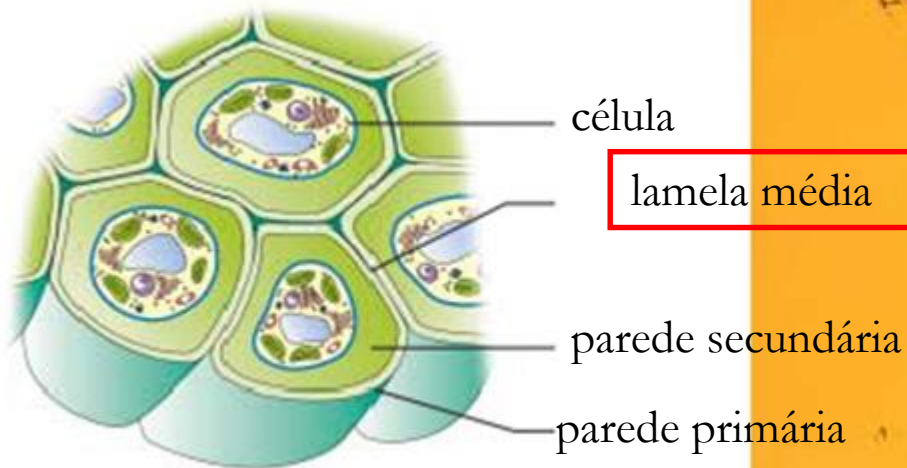
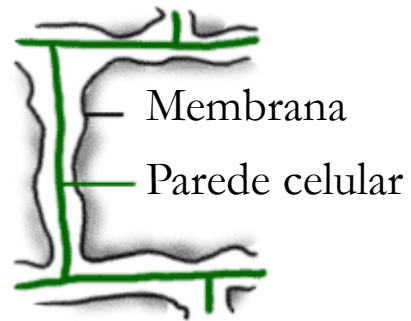


**Parede celular -  
Celulose e Quitina**

# Parede Celular Vegetal

- Matriz extracelular de células vegetais
- Rigidez dos tecidos vegetais
- Secretadas pelas células
- Composição controlada pela célula
  - folha x tronco - diferença de rigidez
- **protoplastos**: células vegetais desprovidas de parede
  - frágeis: citoesqueleto deficiente, sensível a osmolaridade, sem elasticidade
- parede celular: resistente mas não rígida – divisão celular
  - ex. murcha

# Parede Celular Vegetal

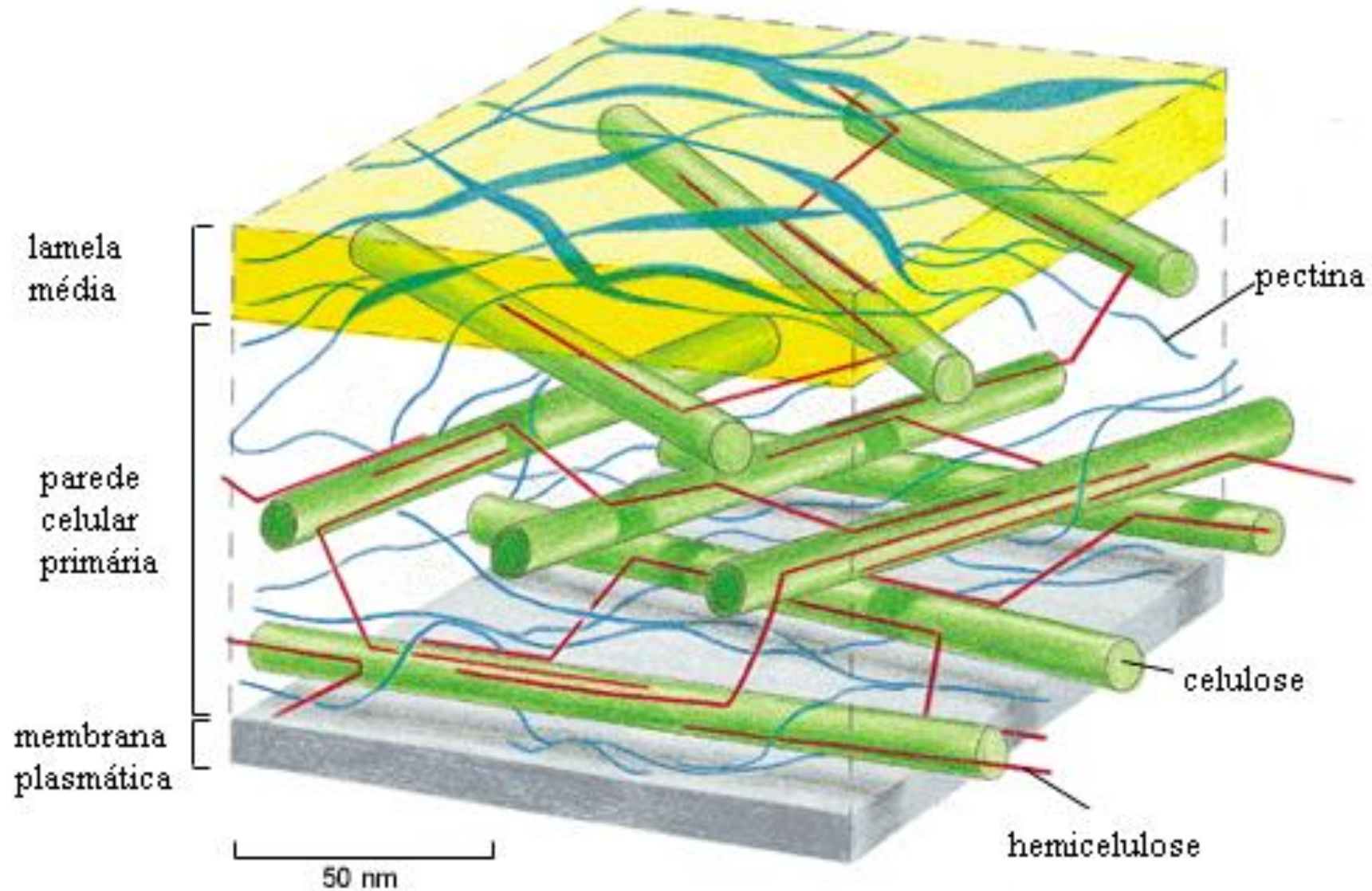


**Lamela média: membrana fina, elástica e permeável, constituída de pectatos de cálcio e magnésio, que une como um cimento duas células vegetais vizinhas**

# Parede Celular Vegetal

- Parede celular primária: com capacidade de expansão pela pressão de turgescência
- Parede celular secundária: espessamento da parede primária ou novas deposições
- Composição: microfibrilas -> fibra
- Fibras formadas de polissacarídeo: **celulose**
- Entremeadas por outros polissacarídeos (**pectina, hemicelulose**) e proteínas estruturais (**expansina**)
- Tecido lenhoso: **lignina** (fenólico)

# Modelo da Parede Celular Primária



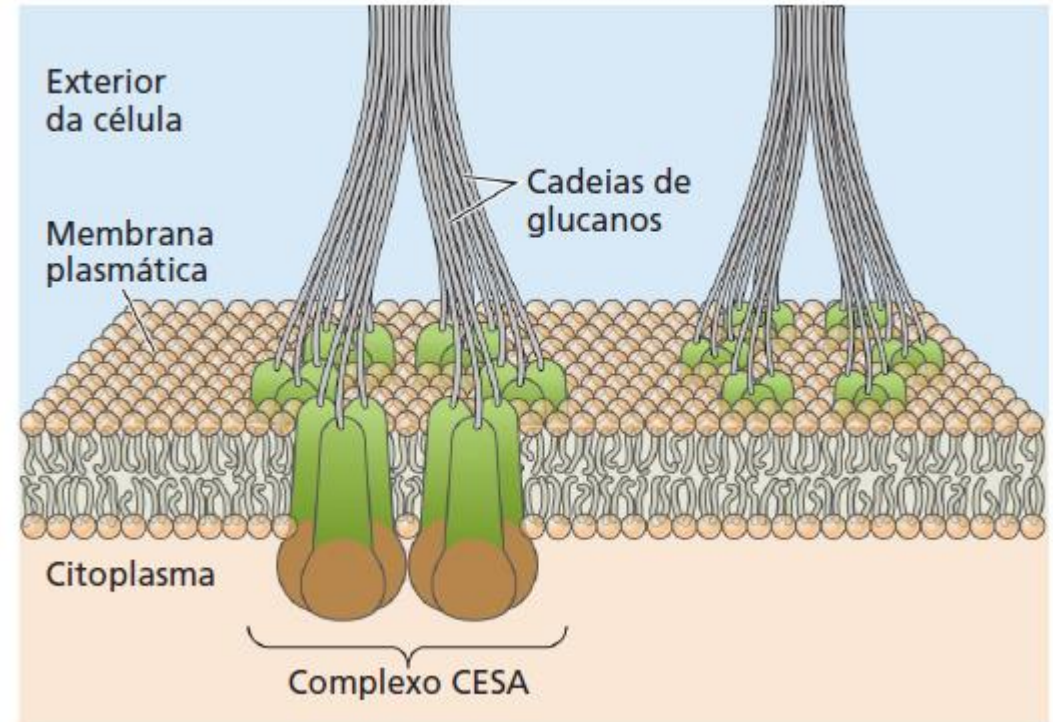
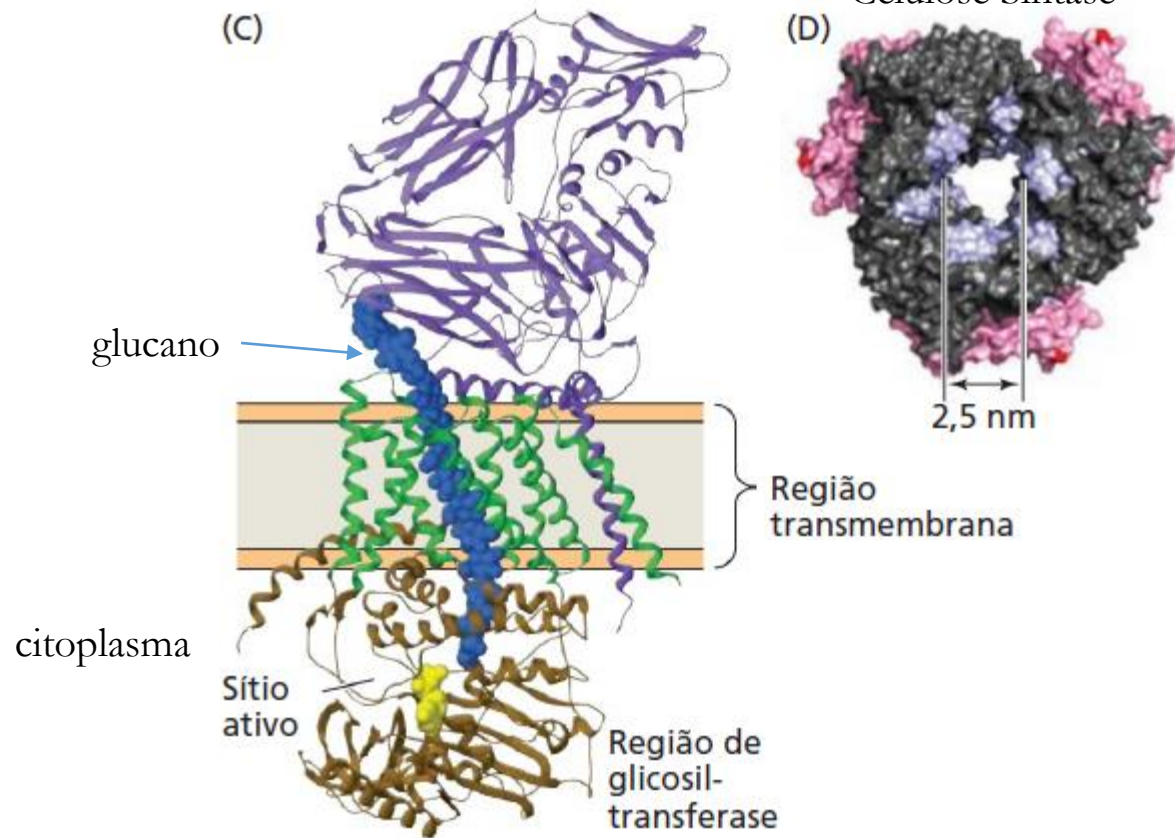


# Parede Celular Vegetal

- Celulose produzida por **complexo enzimático embebido** na superfície da membrana citoplasmática
- Alongamento da microfibrila de celulose por adição de monômero (glucose)
- Complexos enzimáticos se movem formando fibras de celulose
- Orientação dos complexos enzimáticos (**celulose sintase**) e fibras resultantes direcionados por microtúbulos do córtex celular
- Citoesqueleto controla indiretamente forma

# Parede Celular Vegetal

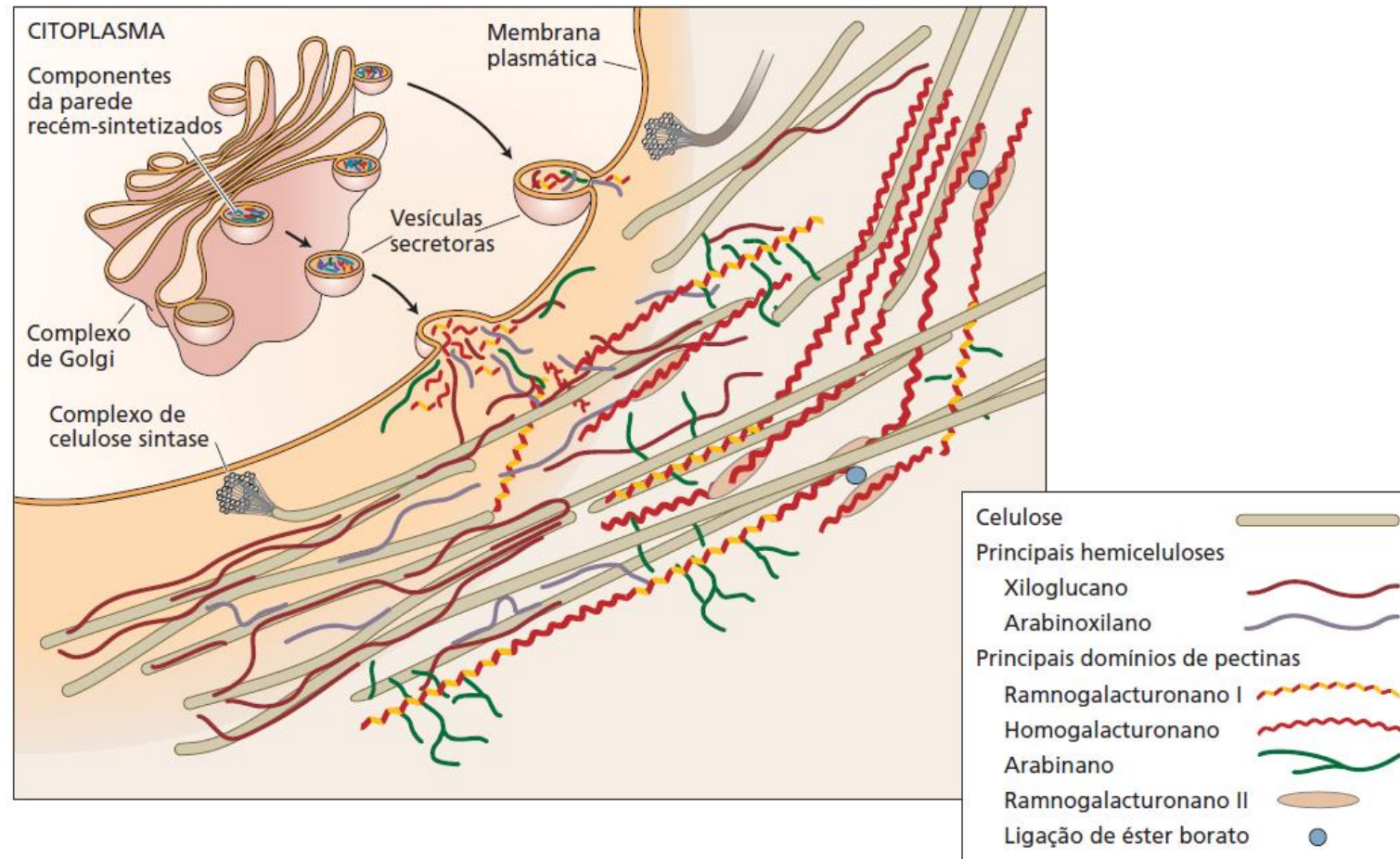
Estrutura Trimérica de Celulose Sintase

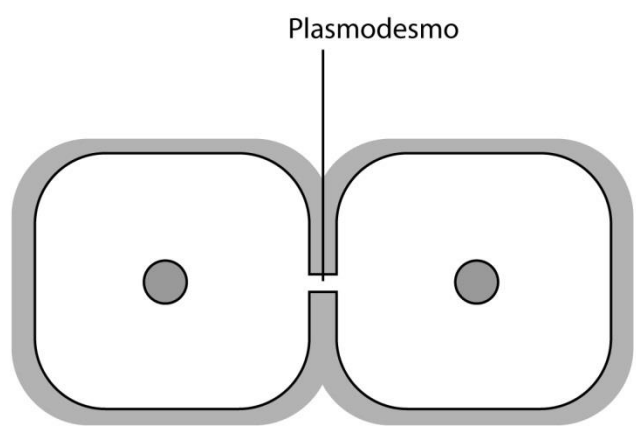


Estrutura da Celulose Sintase bacteriana

# Parede Celular Vegetal

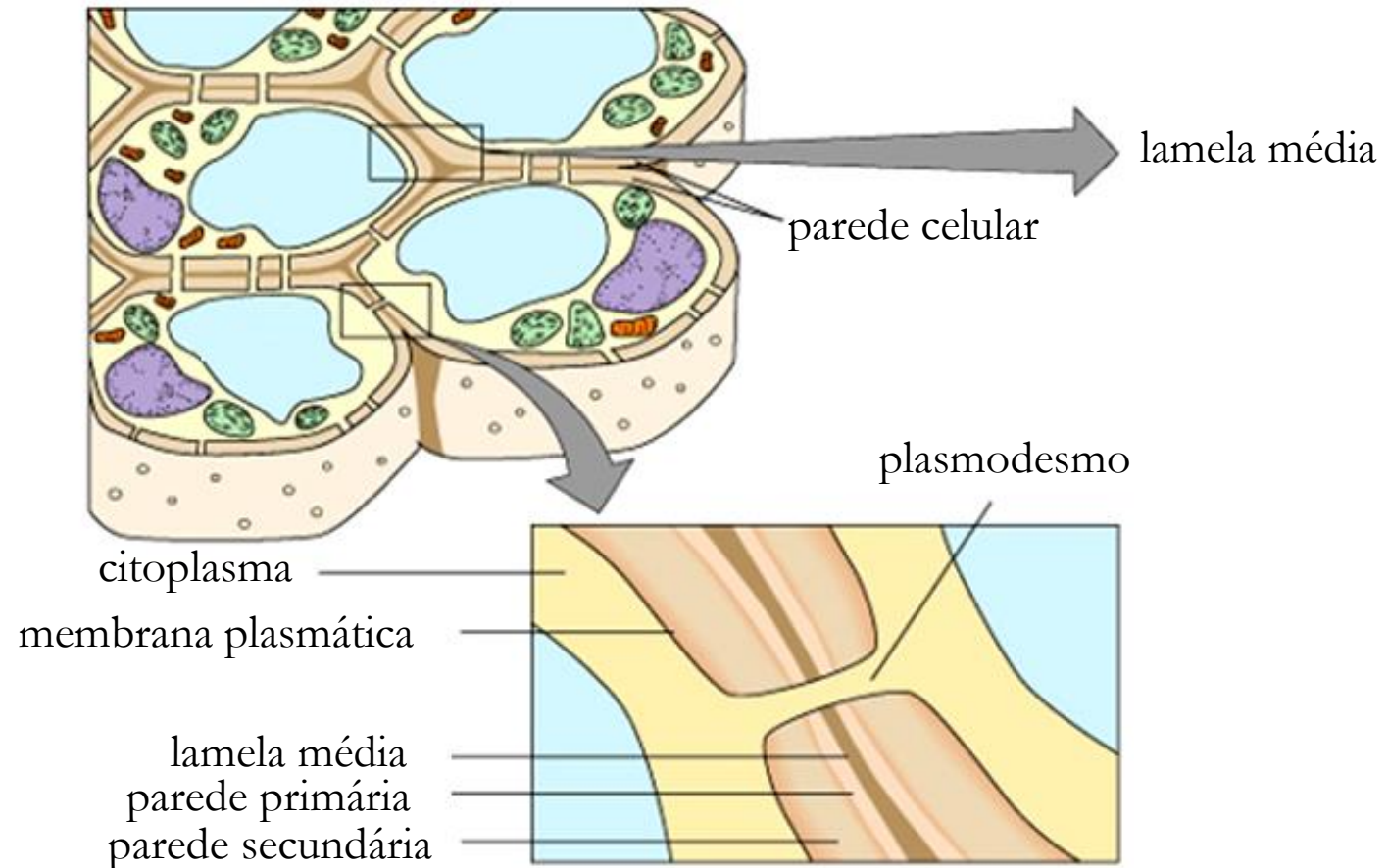
## Síntese de Polissacarídeos da Matriz Pectinas e Hemicelulose





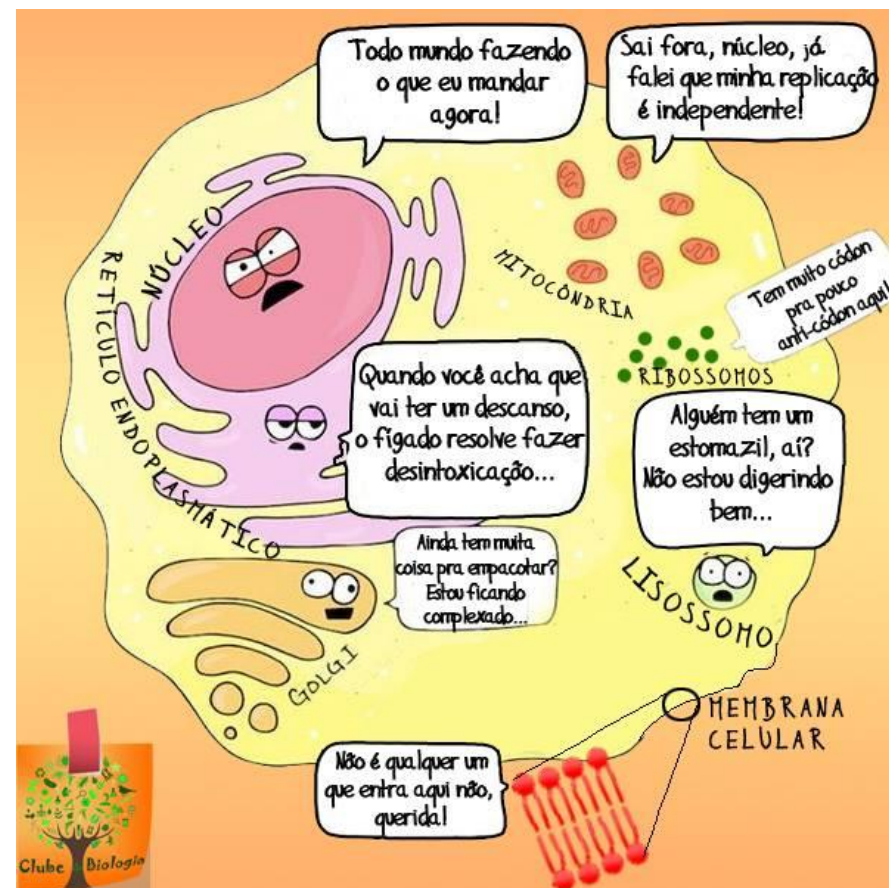
# Plasmodesmos

- Os plasmodesmos são interligações entre membranas de células vizinhas que criam pontes citoplasmáticas
- Permitem a comunicação entre as células vegetais

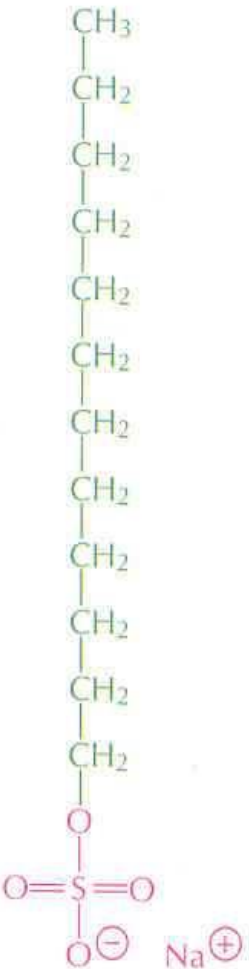


# Estudo Dirigido

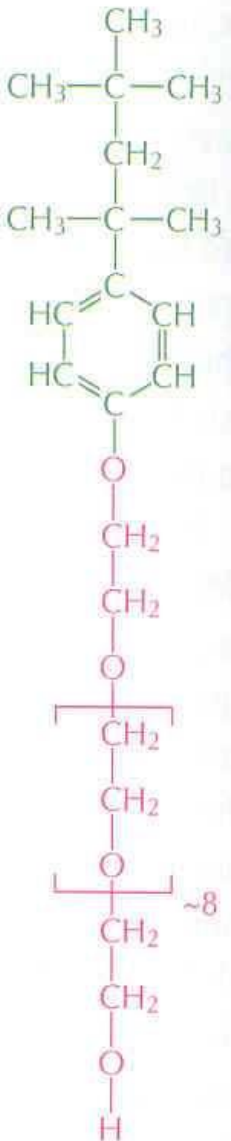
1. Composição do sistema de endomembranas
2. Funções: retículo endoplasmático (REL e RER), complexo de Golgi e Lisossomos
3. Parede celular



# Detergentes



Dodecil sulfato de sódio (SDS)



Triton X-100

