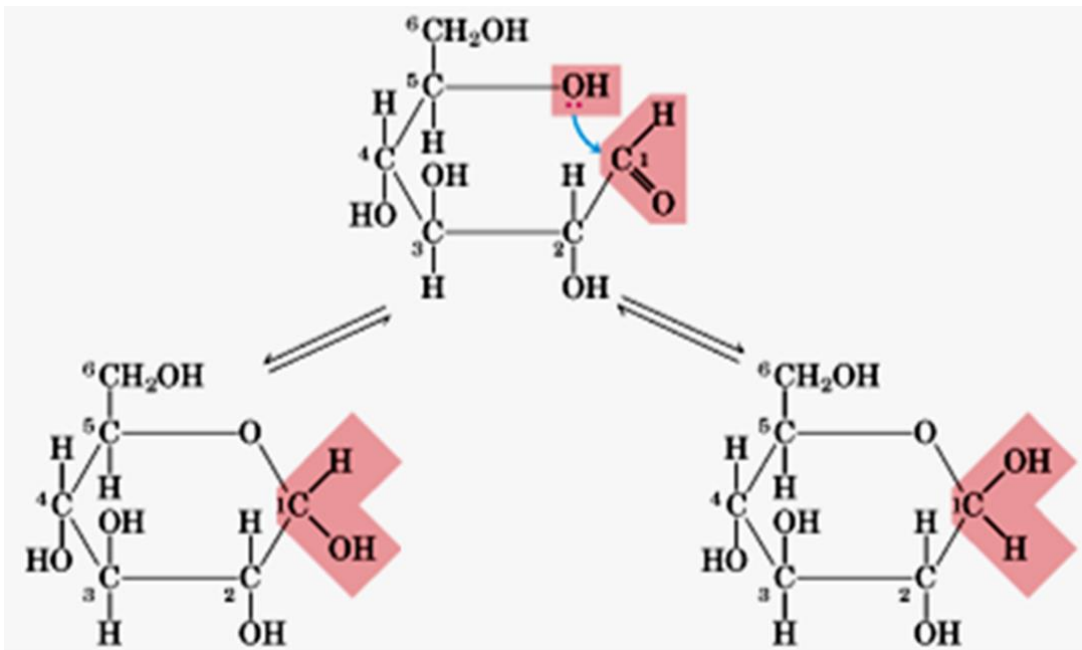
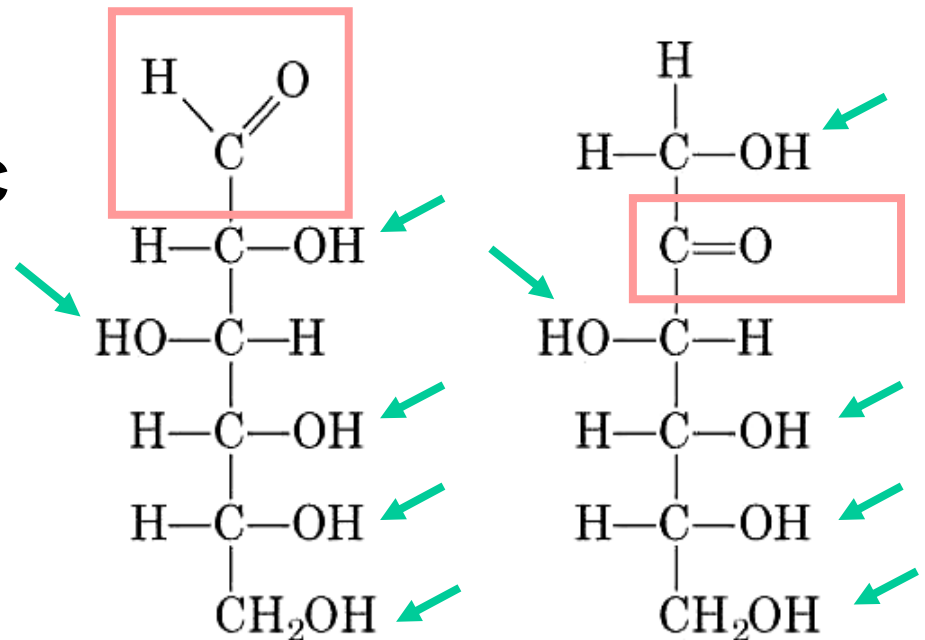


**Carboidratos:**

**estrutura e função**

# Monossacarídeos

- ✓ Cadeia carbônica 3 a 7 C
- ✓ Grupamento carbonila (Aldose ou cetose) e hidroxilas
- ✓ Isomeria D e L ( $2^n$ )



## Solução aquosa

- ✓ Forma cíclica – piranose e furanose
- ✓ Anômeros  $\alpha$  e  $\beta$
- ✓ Forma linear ou aberta - redutor

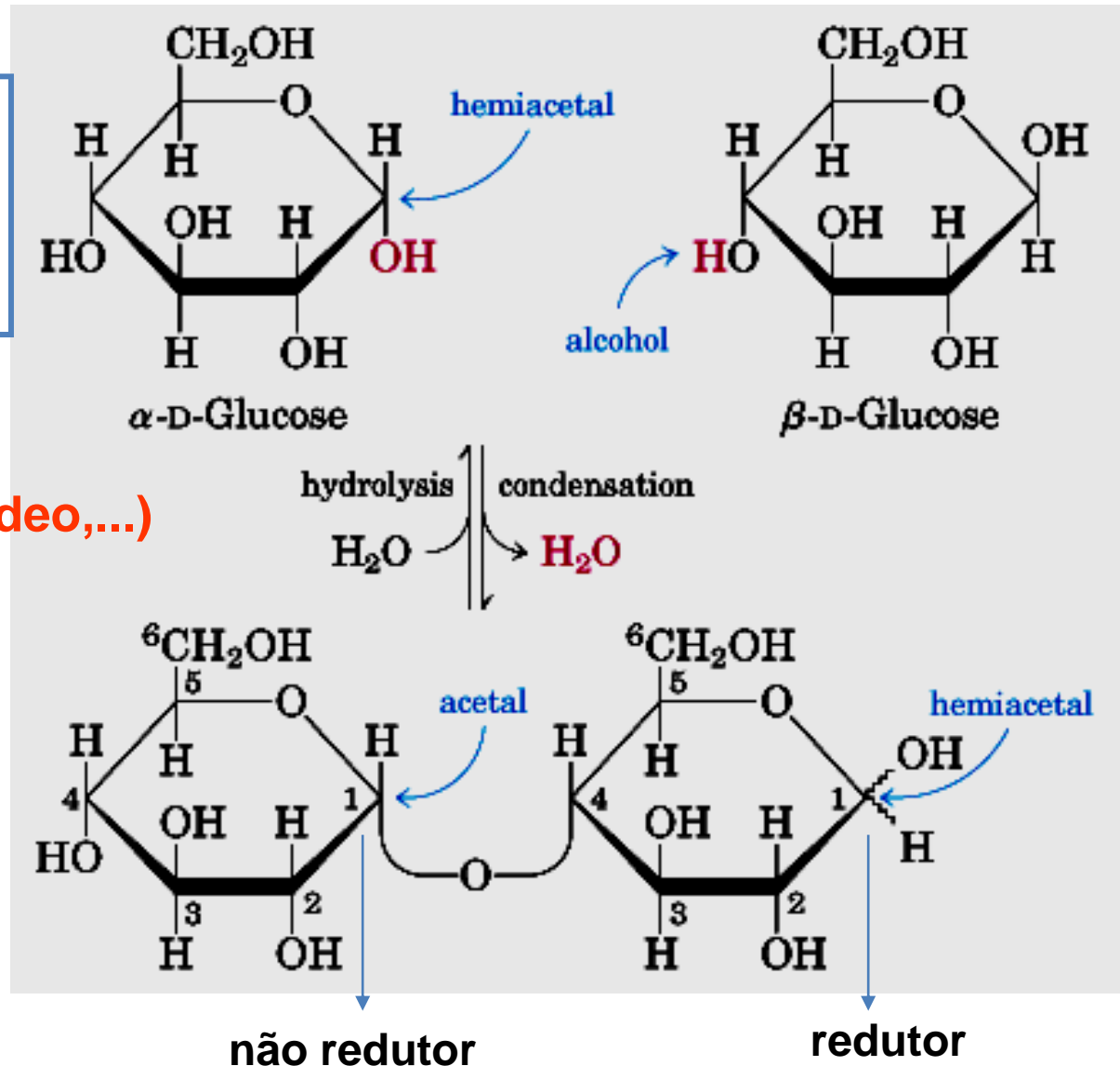
# União através de reação glicosídica

Grupo OH do C anomérico reage com uma OH de outro C do monossacarídeo



**Oligossacarídeo**  
(Dissacarídeo, Trissacarídeo, ...)  
**Polissacarídeo**

Oligo e polissacarídeos podem ter terminais redutores (C anomérico livre) e não redutores (C anomérico ligado)

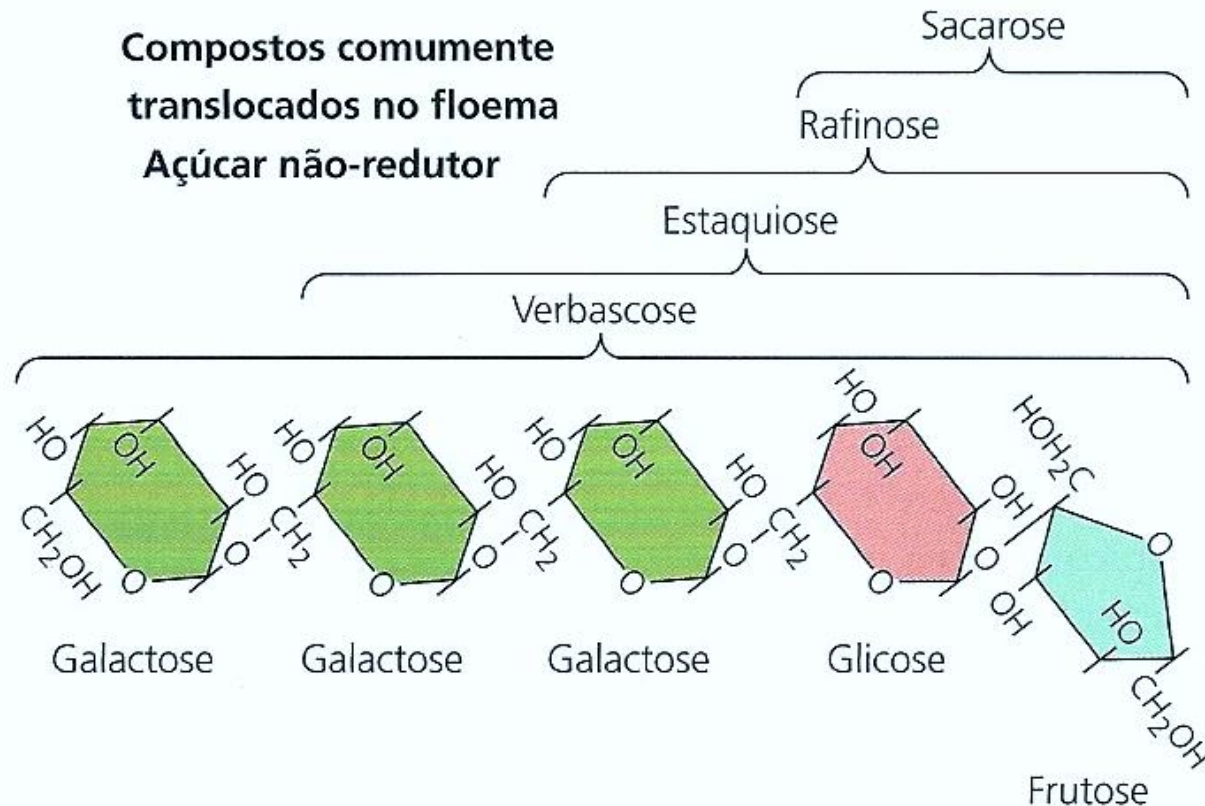


# Oligossacarídeos

- Carboidratos com mais que 2 unidades de monossacarídeo unidas em cadeias lineares ou ramificadas
- Função : transporte de açúcar ou moléculas de reconhecimento e adesão entre células (sinais)
- Sinais: Normalmente associadas a outras moléculas (proteínas e lipídeos) - **glicoconjugados**

**Seiva (floema)**– carboidratos são transportados como açúcares não-redutores porque eles são menos reativos que os redutores

**Sacarose é o principal açúcar não-redutor transportado pelas plantas, além disso outros carboidratos contém a sacarose ligada a um número variado de moléculas de galactose e que podem ser translocados pelos vegetais ou acumulados em sementes como moléculas de armazenamento (RO).**



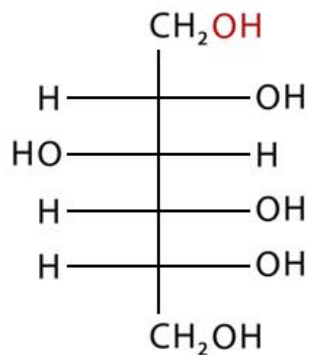
- ✓ **Grão de soja** apresentam em sua composição 40% de RO (oligossacarídeos derivados da rafinose) principalmente rafinose e estaquiase.
- ✓ A ingestão de soja resulta em flatulência, náuseas, desconforto abdominal e diarreia, porque?
- ✓ Animais, incluindo os seres humanos, não tem no intestino a produção de uma enzima ( $\alpha$ -glicosidase) que hidrolisa a galactose dos RO. Portanto, como sobra açúcares ocorre proliferação de bactérias intestinais que causam os sintomas descritos.

Considerando outras qualidades nutricionais da soja, incluindo o leite de soja, pesquisas estão em desenvolvimento para o uso de derivados de soja hidrolisados por glicosidases, removendo os efeitos indesejáveis da não degradação dos RO e aumentando o aproveitamento dos açúcares presentes no alimento. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8769/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

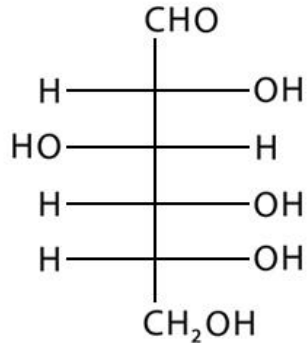
- Por outro lado, esses açúcares estão relacionados à resistência das plantas a diferentes tipos de stress . Existem trabalhos promovendo estudos para transformação de cana de açúcar para aumentar a produção de ROs e se tornar mais tolerante ao stress hídrico, por exemplo

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144077/000868507.pdf?sequence=1>

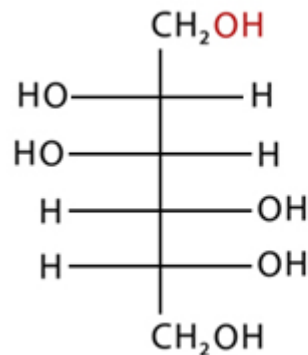
## Pelo floema também são translocados açúcares álcool – manitol e sorbitol (não são redutores)



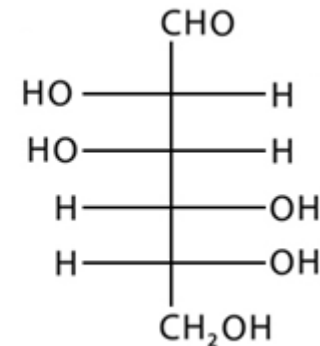
Sorbitol



Glicose



Manitol



Manose

Sorbitol (ou glucitol) – açúcar-álcool  
(derivado da redução do grupo  
aldeído da glicose)

Manitol – açúcar-álcool  
(derivado da redução do grupo  
aldeído da manose)

- ❖ O corpo humano metaboliza o sorbitol e manitol lentamente, portanto, torna-se um substituto do açúcar que não produz picos de glicose no sangue e auxilia o processo de emagrecimento
- ❖ Usados em diversos setores da indústria (cosméticos, alimentos, farmacêutica) e como agentes higroscópicos e reagentes químicos
- ❖ Obtidos por extração de vegetais ou síntese química.

# Polissacarídeos

- **Maioria dos carboidratos na natureza**
- **Polímeros de media e alta massa molecular não definida**
- **Diferem entre si na identidade de seus monossacarídeos, tipos de ligação, comprimento da cadeia e grau de ramificação**
- **São denominados também de glicanos, frutanos, xilanos.... De acordo com sua composição**

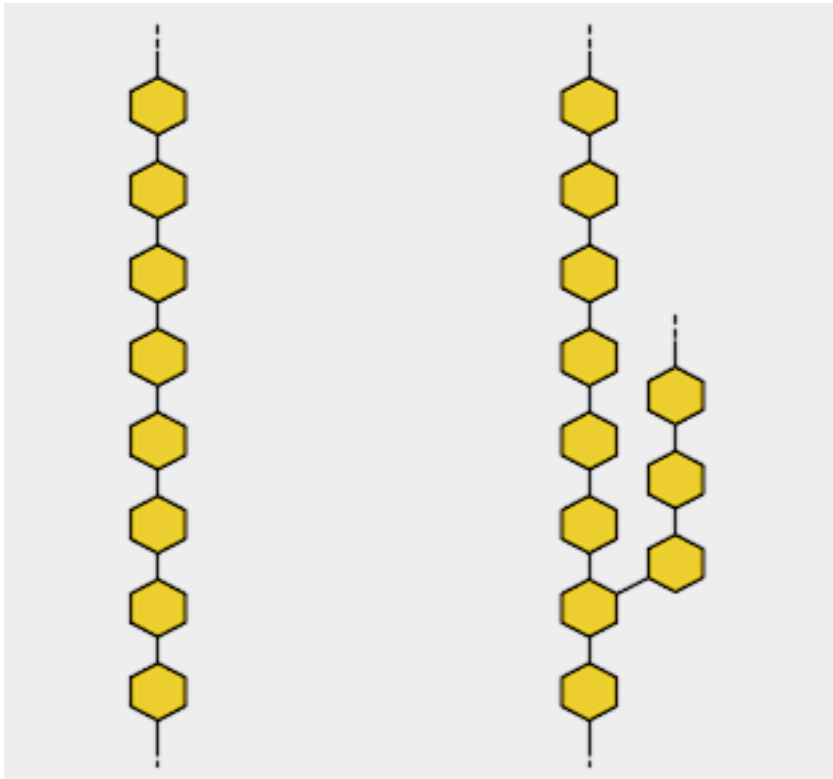


# Homopolissacarídeos

Um único tipo de unidade monomérica

Linear

Ramificado

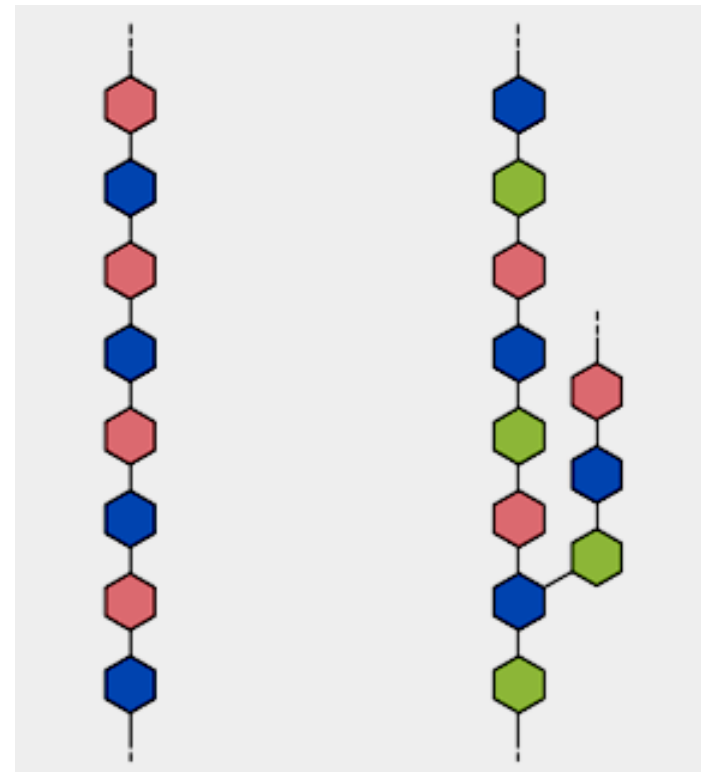


# Heteropolissacarídeos

Mais que um tipo de unidade monomérica

Linear

Ramificado



# Função dos polissacarídeos

- Armazenamento de monossacarídeos produtores de energia

**Amido e glicogênio** - armazenamento em células vegetais e animais, respectivamente (polímeros de glicose)

- Estrutural, componentes da parede celular de vegetais, microrganismos e da matriz extracelular

**Celulose** (polímero de glicose)

**Quitina** (polímero de N-acetilglicosamina)

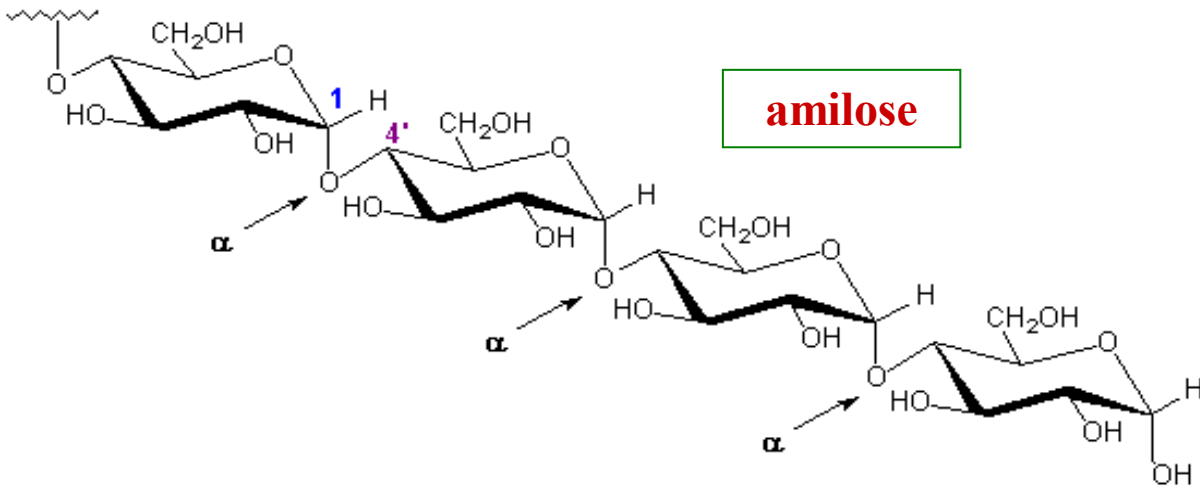
**Peptideoglicanos** (Ácido N-acetil murâmico e N- acetilglicosamina)

**Hemicelulose** (diversos monossacarídeos – xilose)

# Polissacarídeos de armazenamento

Homopolissacarídeos de reserva - Amido – células vegetais e Glicogênio – células animais

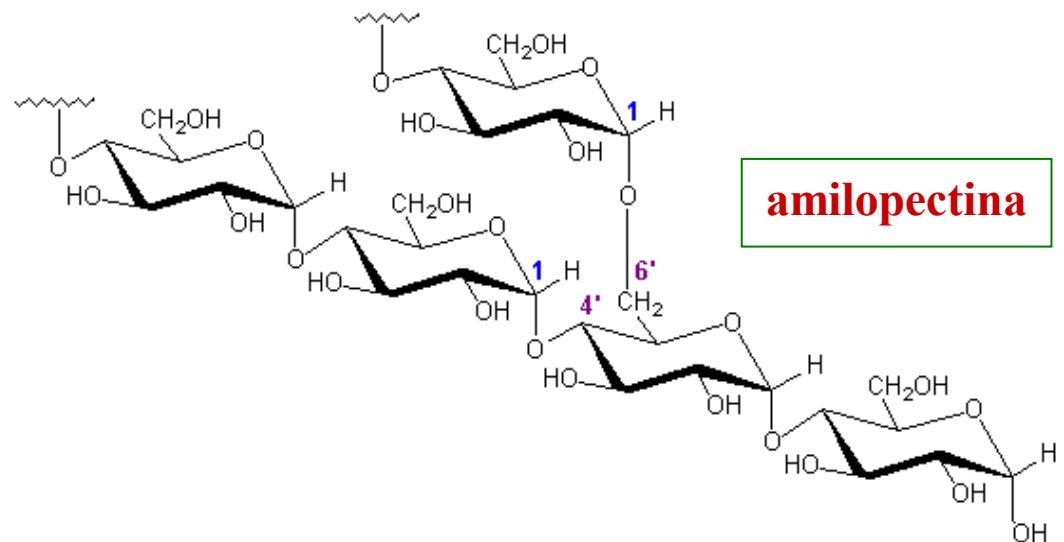
# Amido é constituído por dois tipos de polímeros de glicose



- Cadeias longas, não ramificadas com ligações ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )
- Variam em massa molecular de milhares a milhões de unidades

•Ligações ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) nas cadeias lineares e ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) nas ramificações.

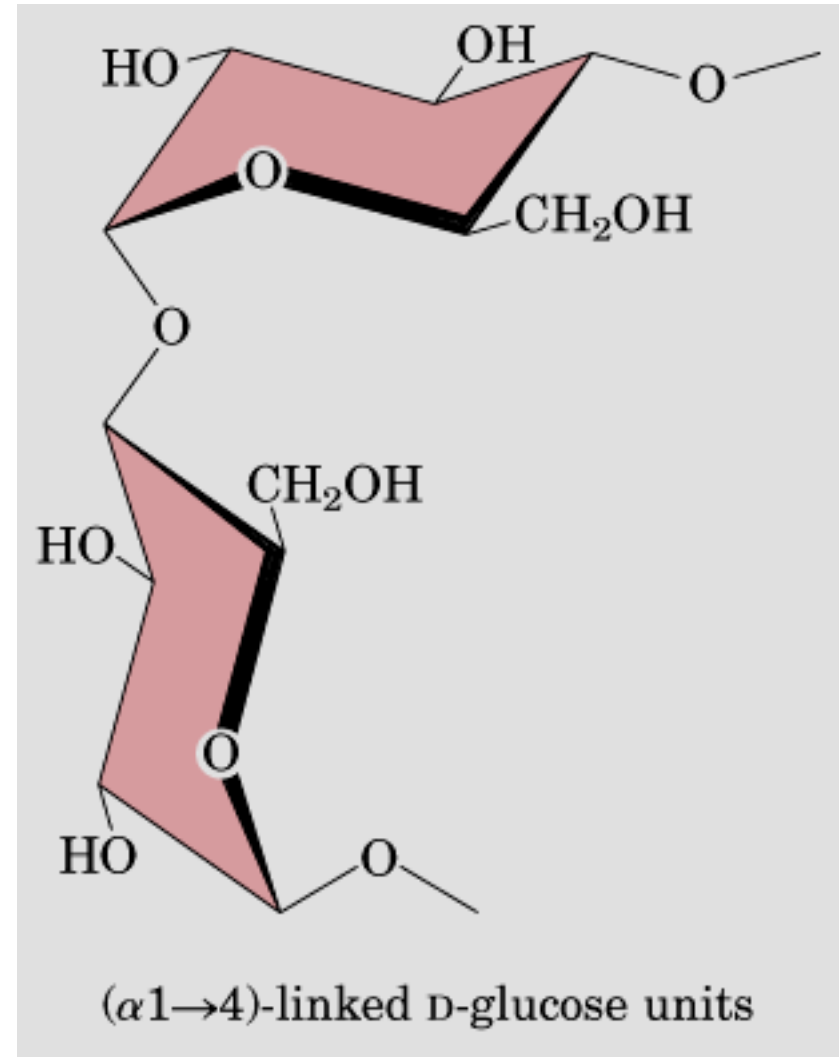
•Altamente ramificada (24 a 30 unidades)



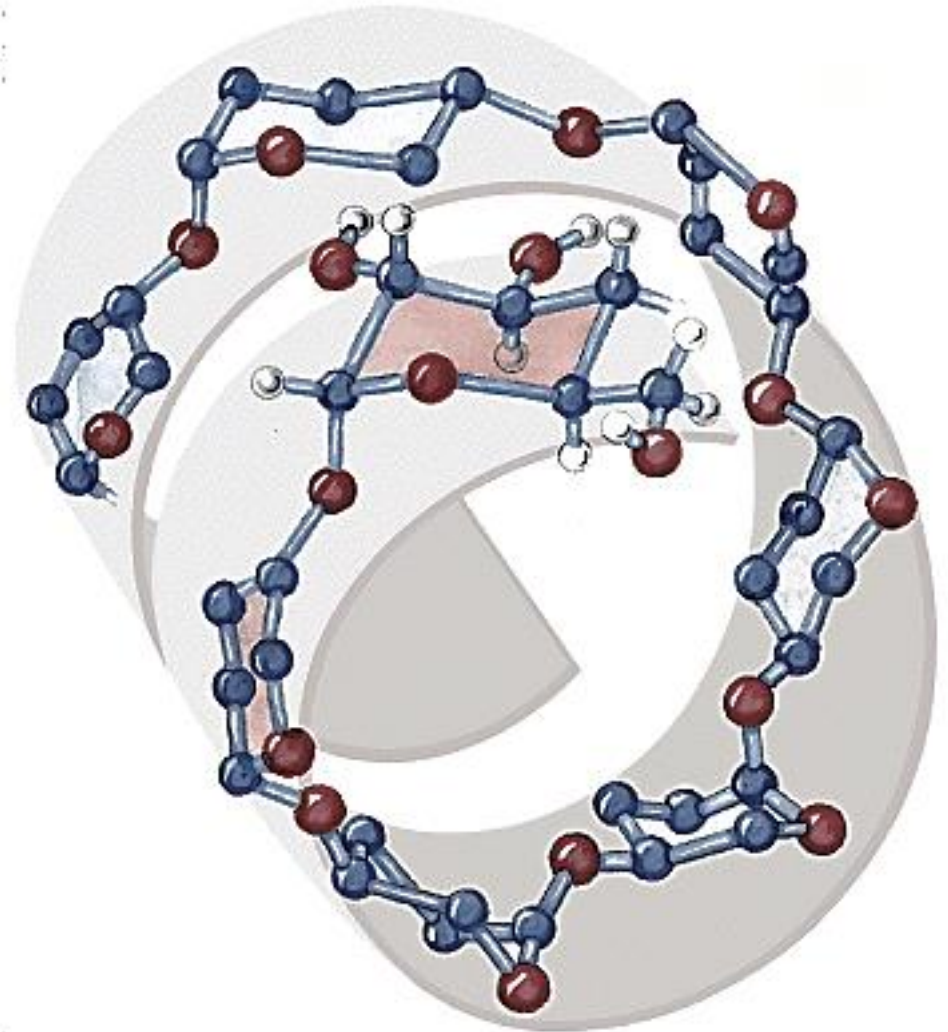
- **Glicogênio tem estrutura similar à amilopectina (ligações  $\alpha 1 \rightarrow 4$  nas cadeias lineares e  $\alpha 1 \rightarrow 6$  nas ramificações) mas com ramificações a cada 8 a 12 unidades)**



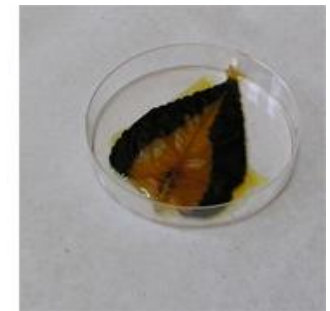
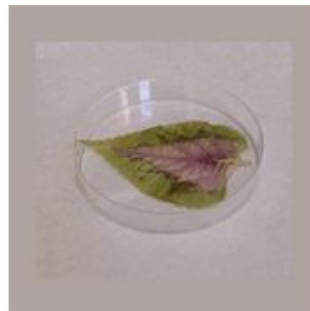
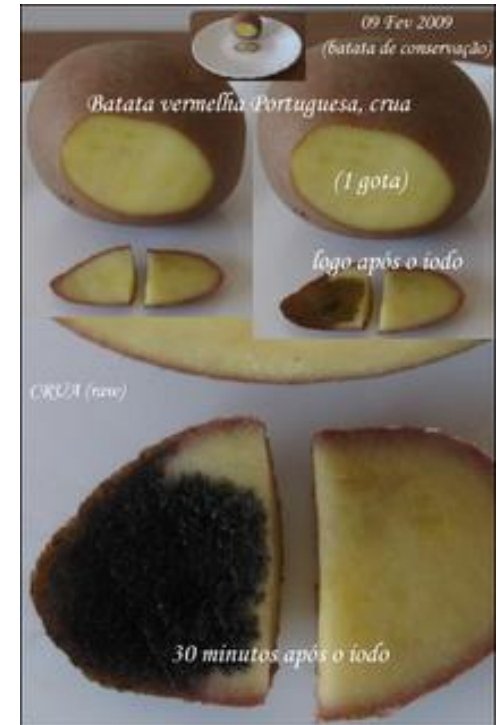
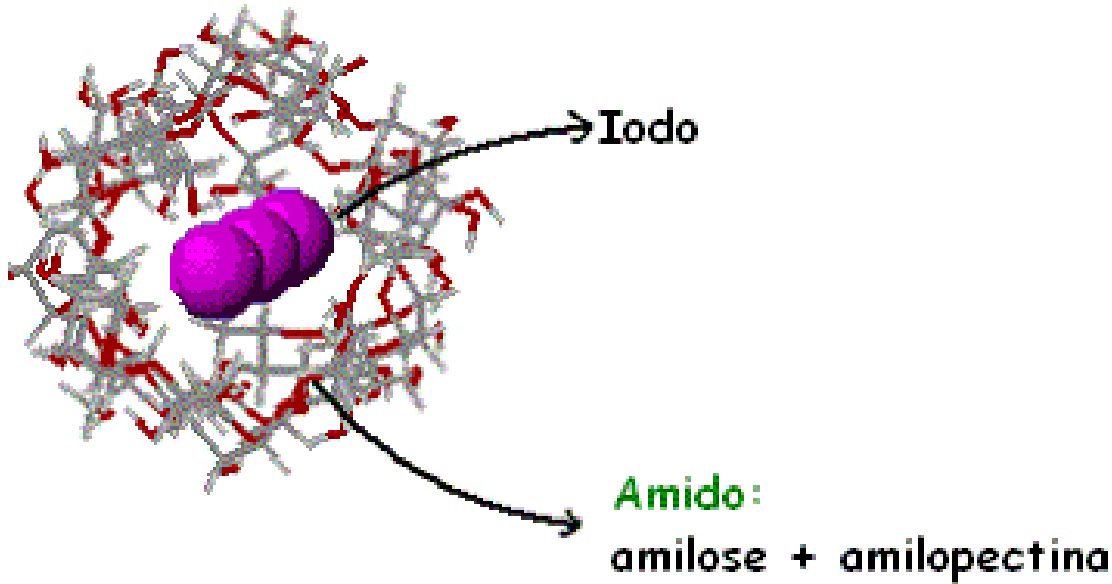
**Ligações ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ) das cadeias lineares da amilose, amilopectina e glicogênio proporcionam o aparecimento de um ângulo entre as unidades, isso confere a essas cadeias um conformação tridimensional específica**



- **Estrutura tridimensional das cadeia lineares – estrutura helicoidal compacta, estabilizada por ligações de hidrogênio intracadeia**
- **Biologicamente adequado para a função de armazenamento dessas moléculas**
- **Tecnicamente utilizada para detectar amido**



# • Iodo pode ficar complexado nessa estrutura helicoidal – teste de identificação de amido





# Polissacarídeos estruturais

Homopolissacarídeos: Celulose e Quitina

Heteropolissacarídeos: Peptideoglicanos e Hemicelulose

**Celulose** é uma substância fibrosa, resistente e insolúvel em água é encontrada na parede celular dos vegetais, particularmente em troncos, galhos e em todas as partes lenhosas.

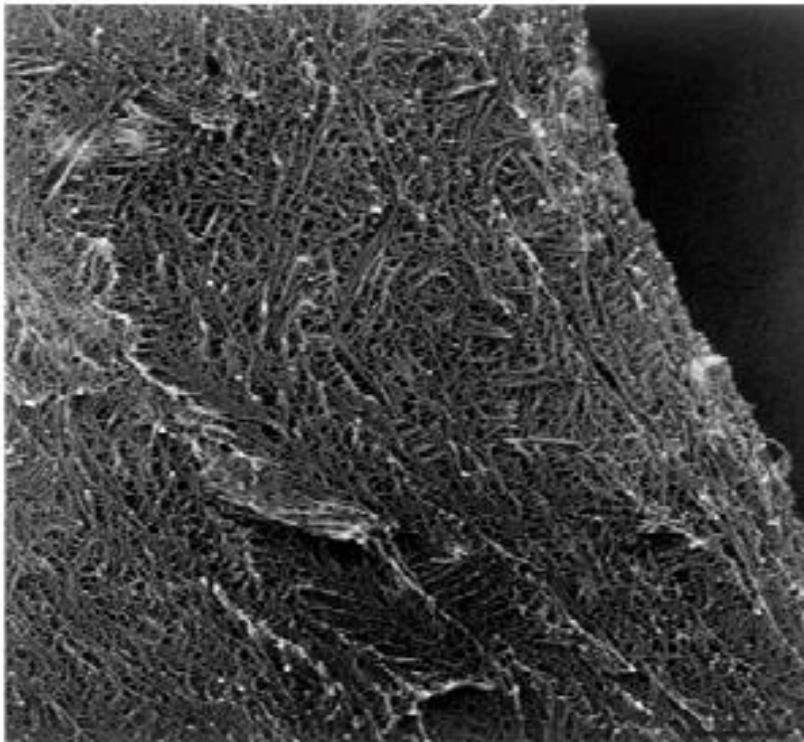
Faz parte importante dos processos de conversão da biomassa em energia e é o principal constituinte do algodão



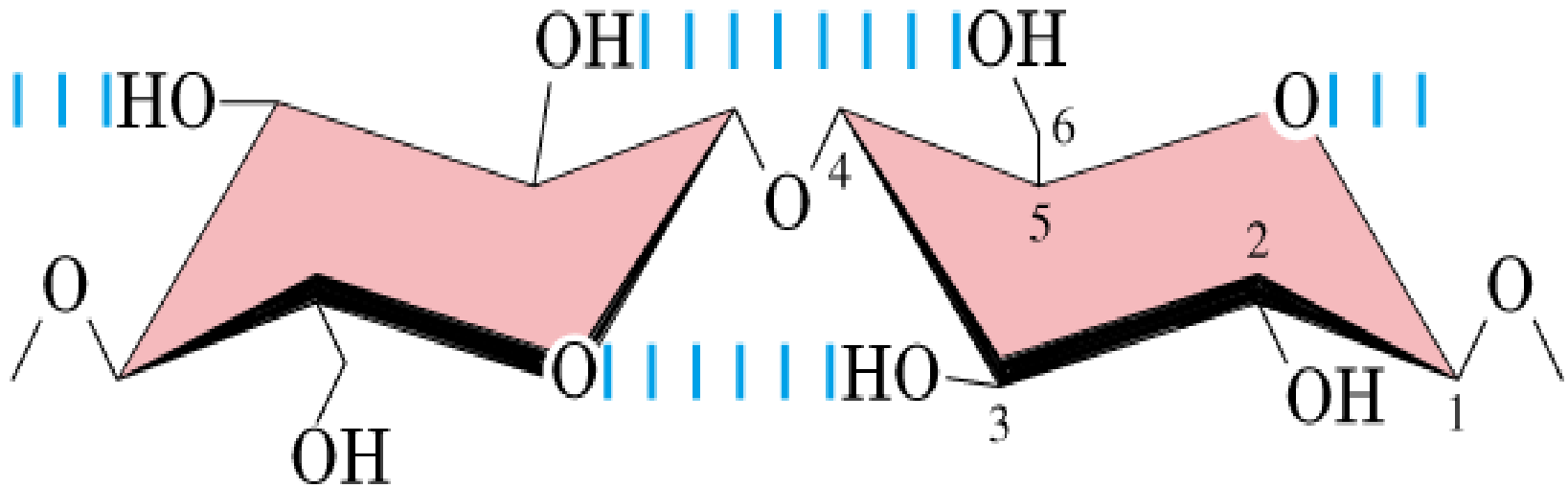
**Homopolímero linear não ramificado de 10 a 15 mil unidades de D-glicose**

**A celulose é o principal componente estrutural da parede celular das células vegetais (15 a 30%)**

**Forma microfibrilas pelas cadeias unidas por ligações de hidrogênio entre as hidroxilas**



# Ligações glicosídicas da celulose

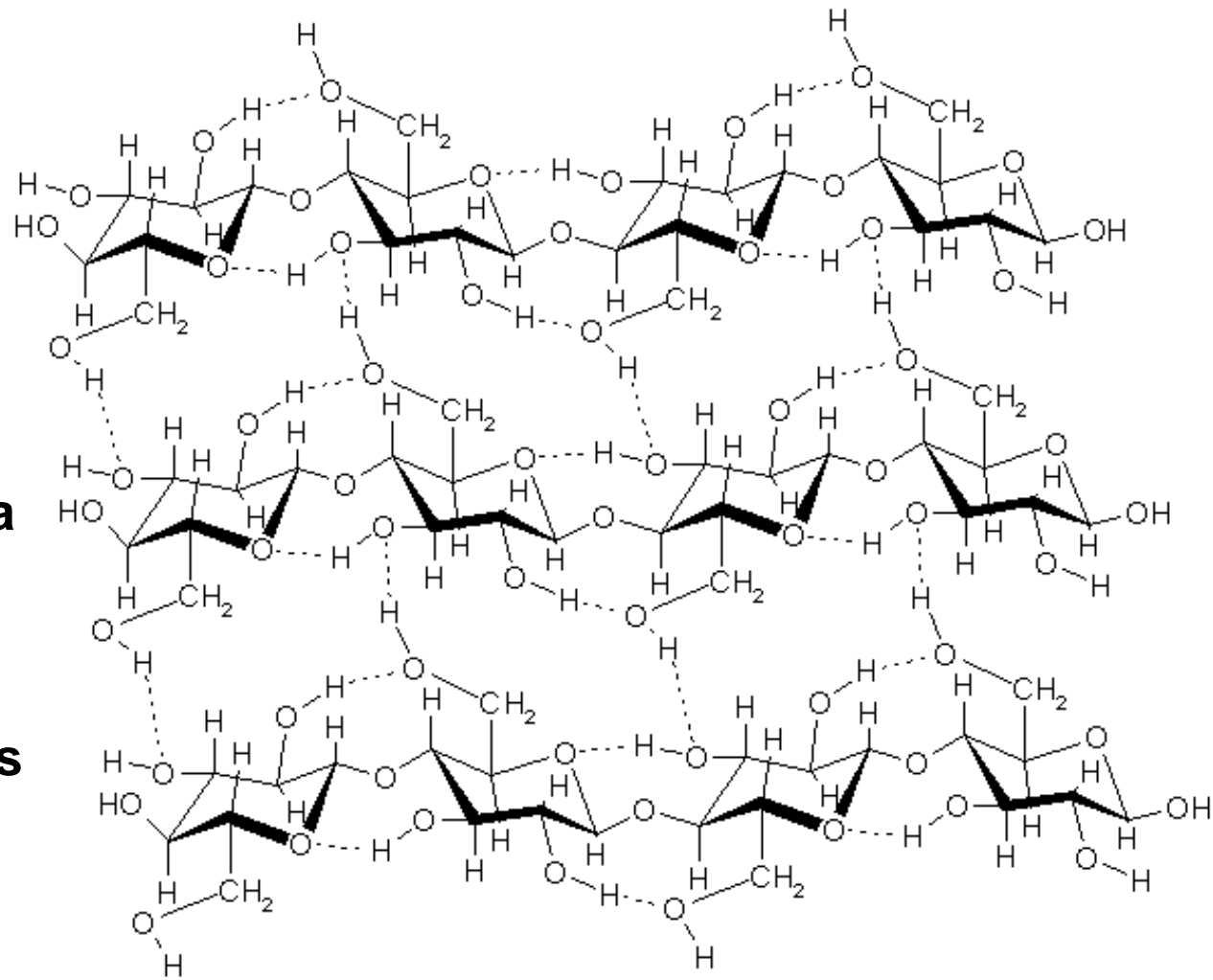


$(\beta 1 \rightarrow 4)$ -linked D-glucose units

- As unidades de D-glicose na celulose têm a configuração  $\beta$  (cadeia linear) enquanto que na amilose e amilopectina e glicogênio tem a configuração  $\alpha$  (cadeias encurvadas).

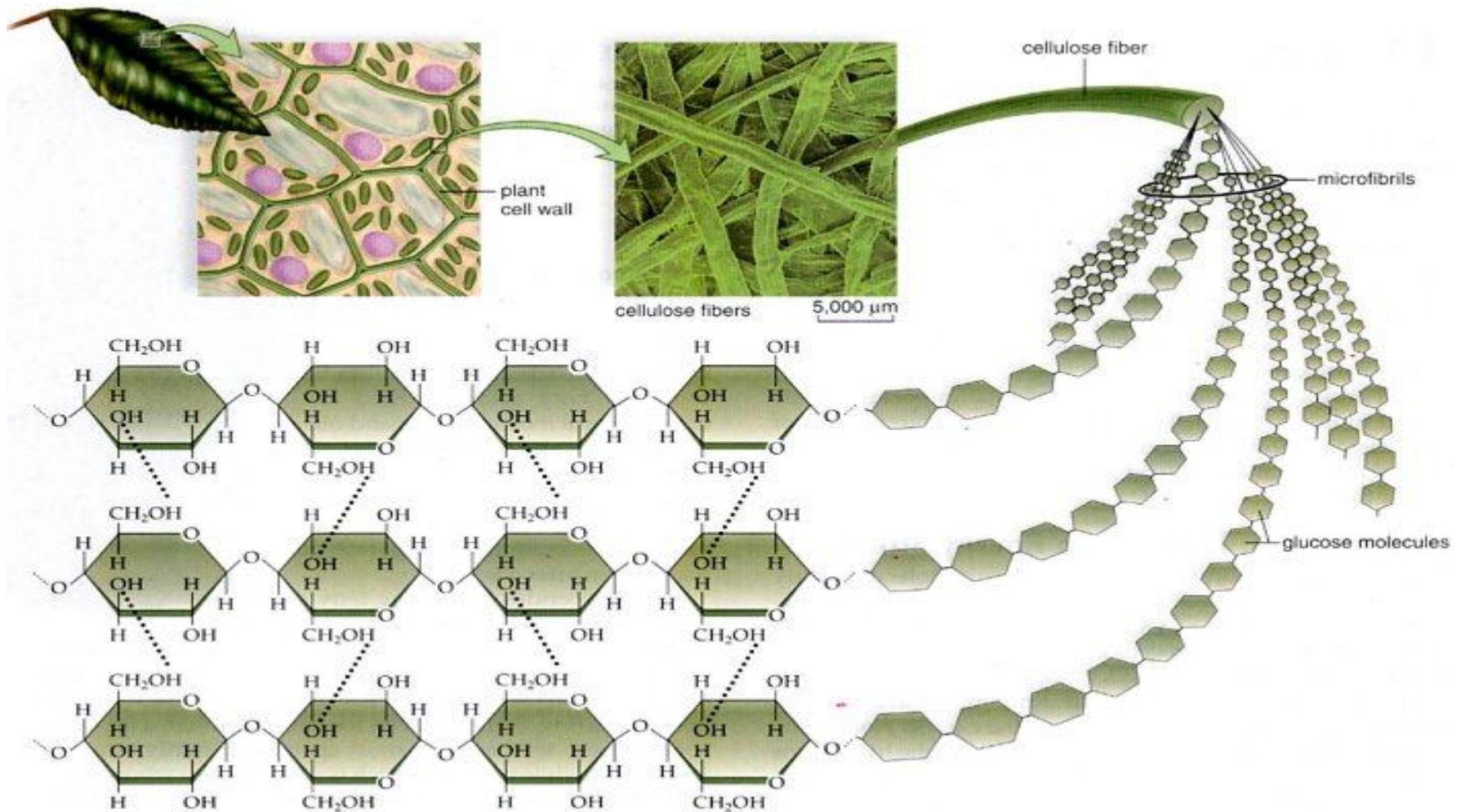
# Estrutura tridimensional da celulose

Com várias cadeias estendidas lado a lado, uma rede estabilizadora de ligações de hidrogênio intra e intercadeias produz fibras supramoleculares retas, estáveis e de grande resistência à tensão



A quantidade de água nestes materiais é baixa por que as ligações de H intercadeias de celulose saturam sua capacidade de formação deste tipo de ligação.



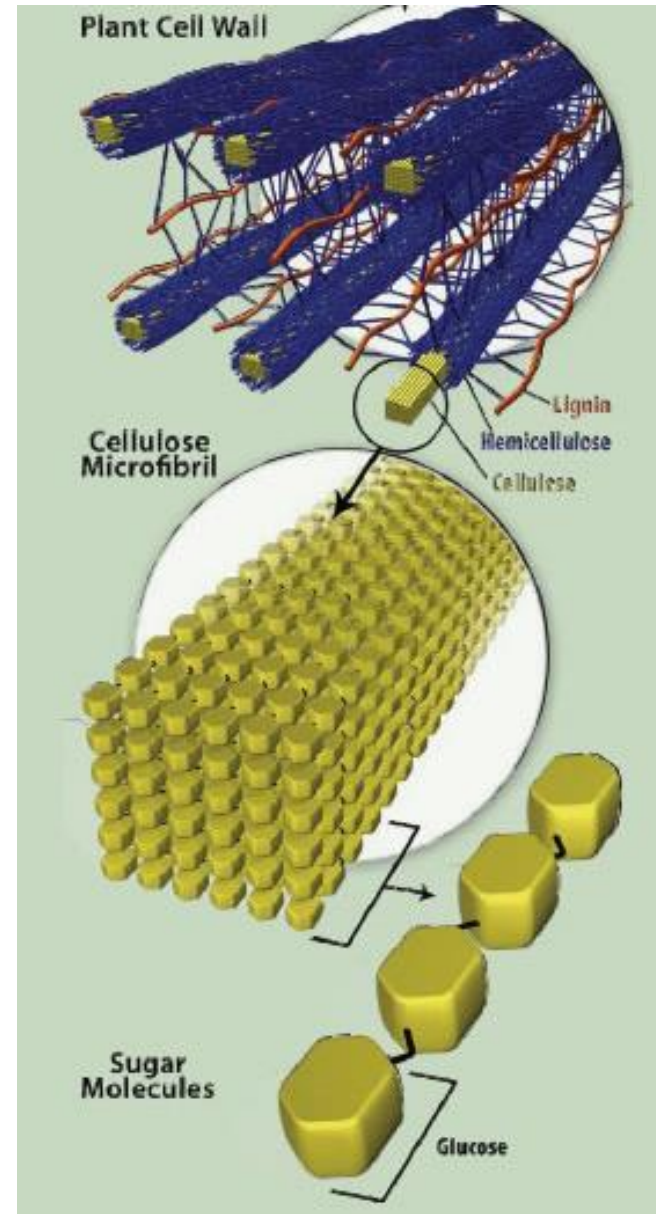


**Moléculas lineares de celulose**, paralelas entre si, se unem em feixes formando as **microfibrilas** ( $\pm 10\text{-}25\ \mu\text{m}$  de diam).

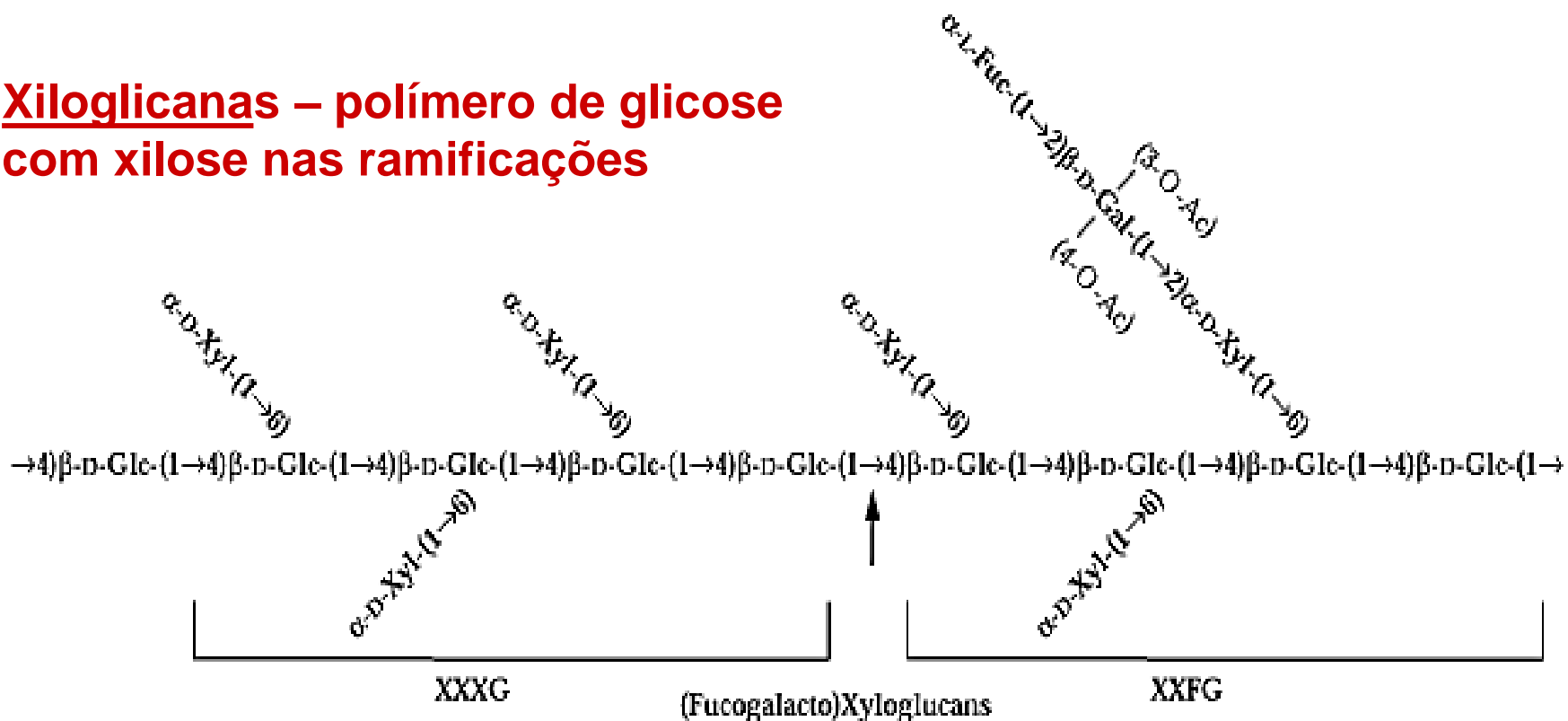
Microfibrilas por sua vez, enrolam-se umas sobre as outras para formar as **fibrilas** (ou macrofibrilas) de celulose ( $\pm 0,5\ \mu\text{m}$  de diam e até  $4\ \mu\text{m}$  de comprimento)

**Hemicelulose** :  
polissacarídeos que  
fazem ligações cruzadas  
entre as microfibras de  
celulose

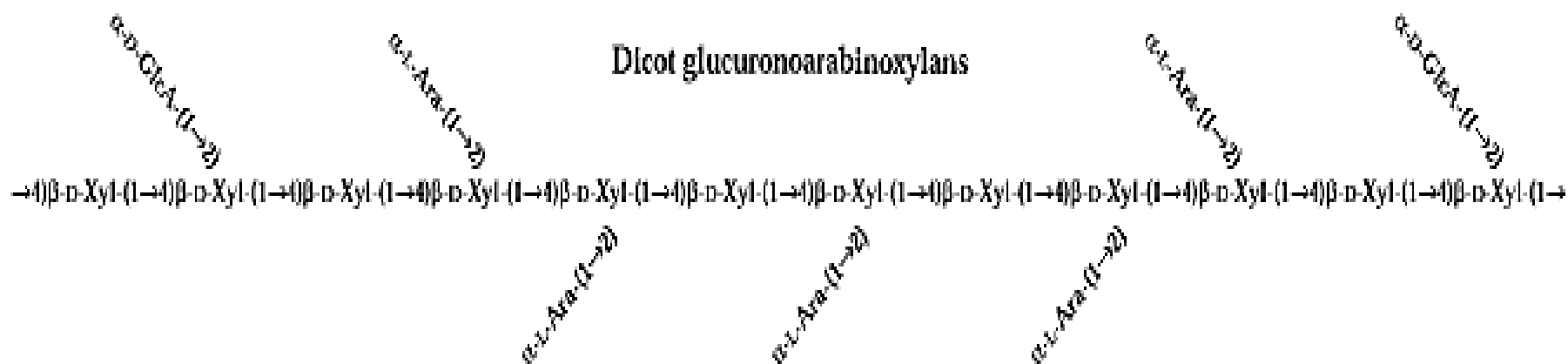
**Dois tipos importantes:**  
xiloglicanas  
glicuronoarabinoxilanas



## Xiloglicanas – polímero de glicose com xilose nas ramificações



## Glicuronoarabinoxilanas – polímero de xilose com ácido glicurônico e arabinose nas ramificações



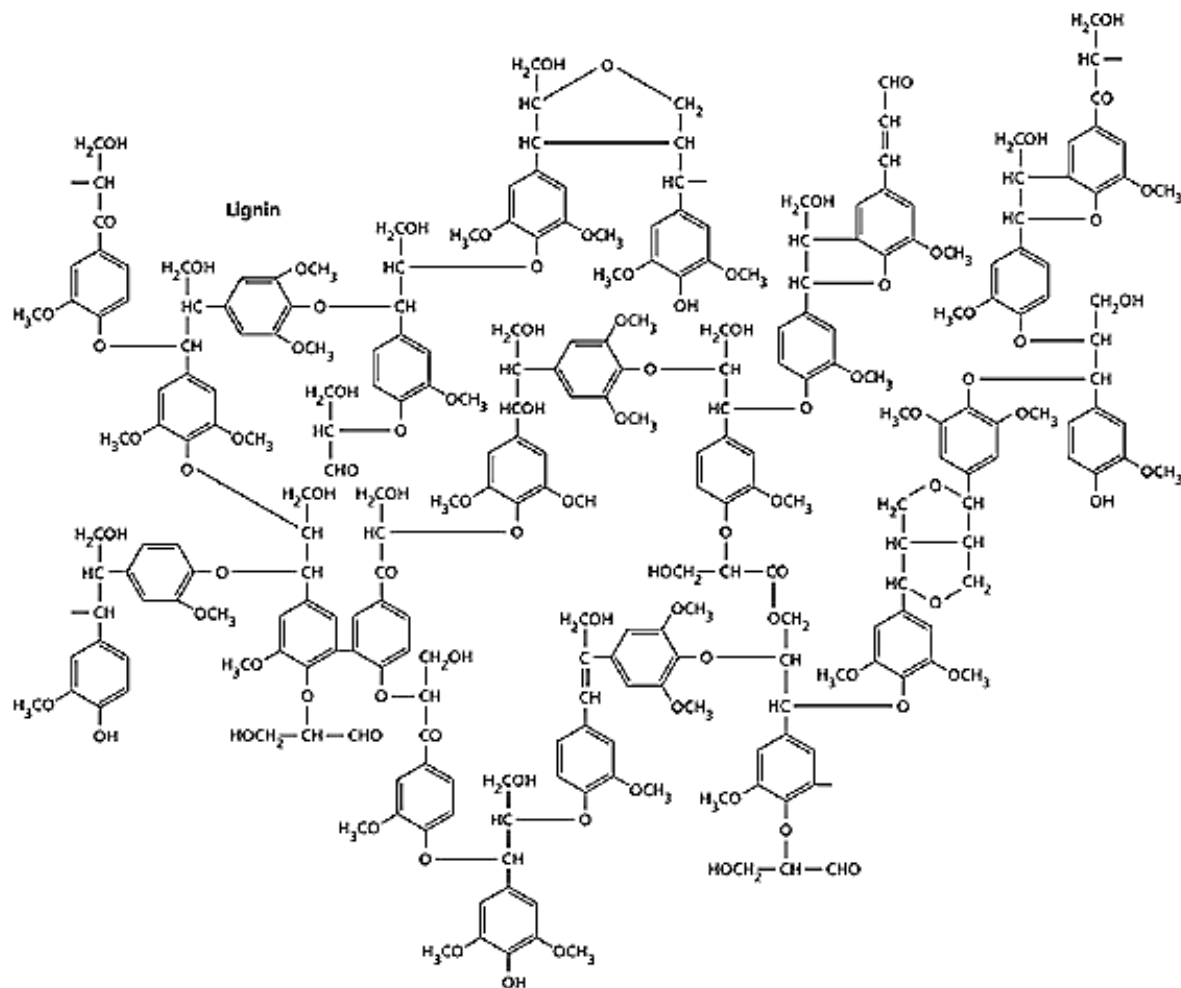
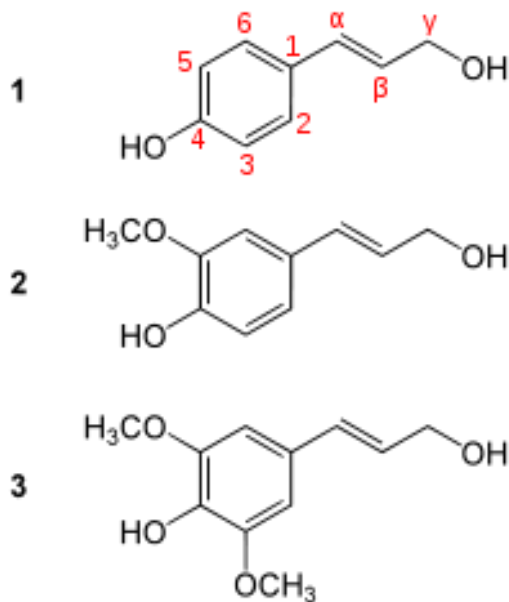


# Na estrutura das paredes secundárias aparece a **lignina**

A lignina é um **polímero de natureza aromática** com alto peso molecular associada à celulose que tem como função biológica conferir rigidez, impermeabilidade, resistência a ataques **microbiológicos** e danos **mecânicos** aos tecidos vegetais

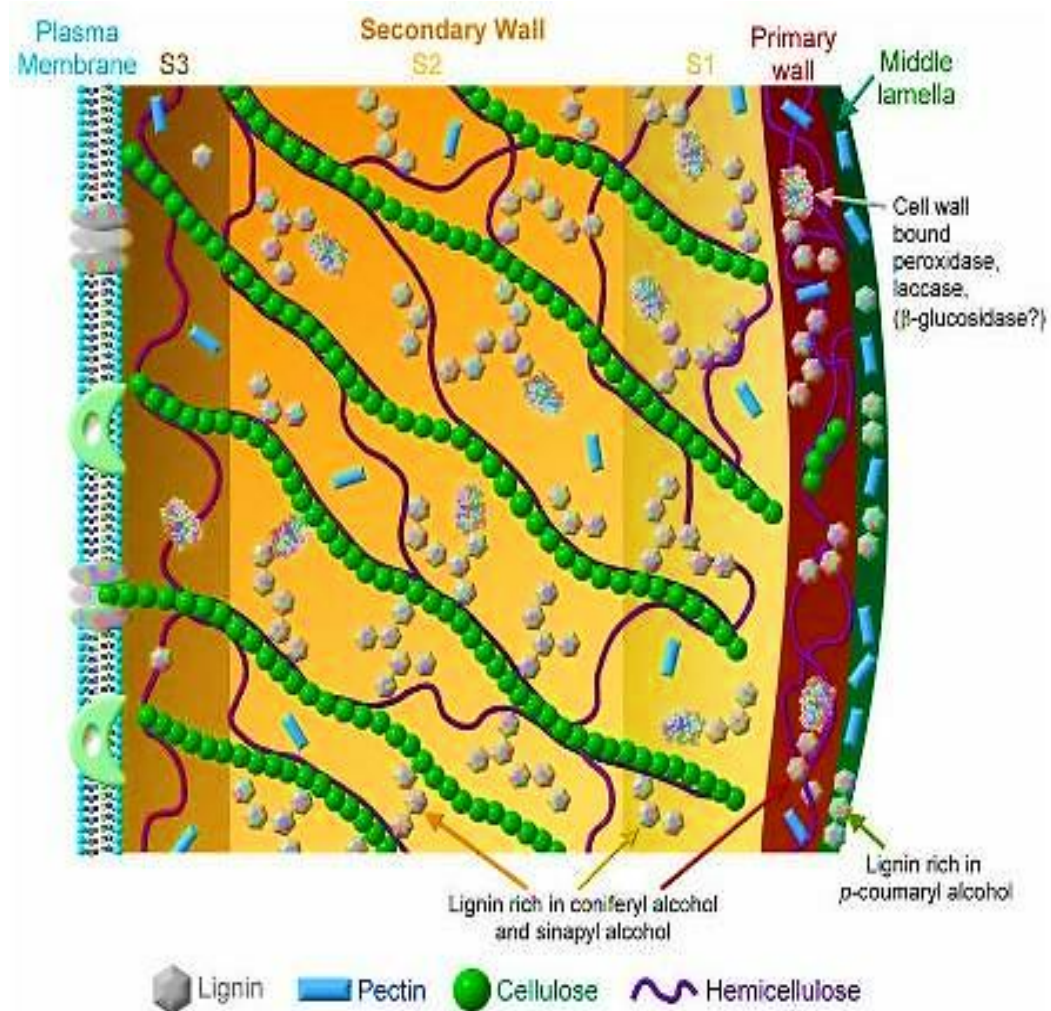
## Monolignols:

- (1) [paracoumaryl alcohol](#)
- (2) [coniferyl alcohol](#)
- (3) [sinapyl alcohol](#)

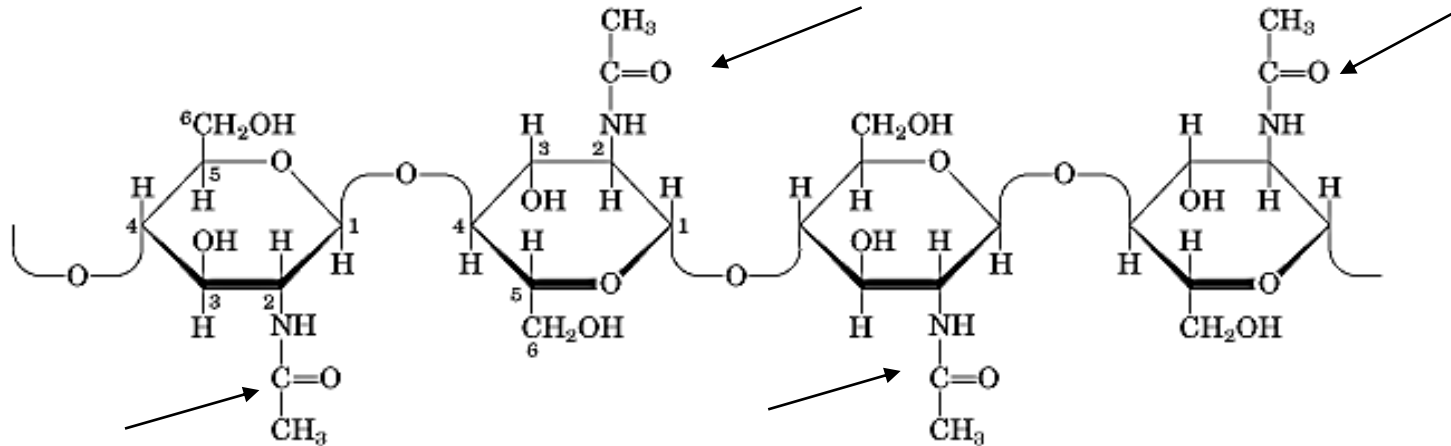


**Basicamente esses 3 moléculas se arranjam formando a parede celular dos vegetais**

**Outros polissacarídeos e proteínas ainda participam dessa estrutura mas vão ter importância em determinados tecidos e etapas de desenvolvimento das plantas.**

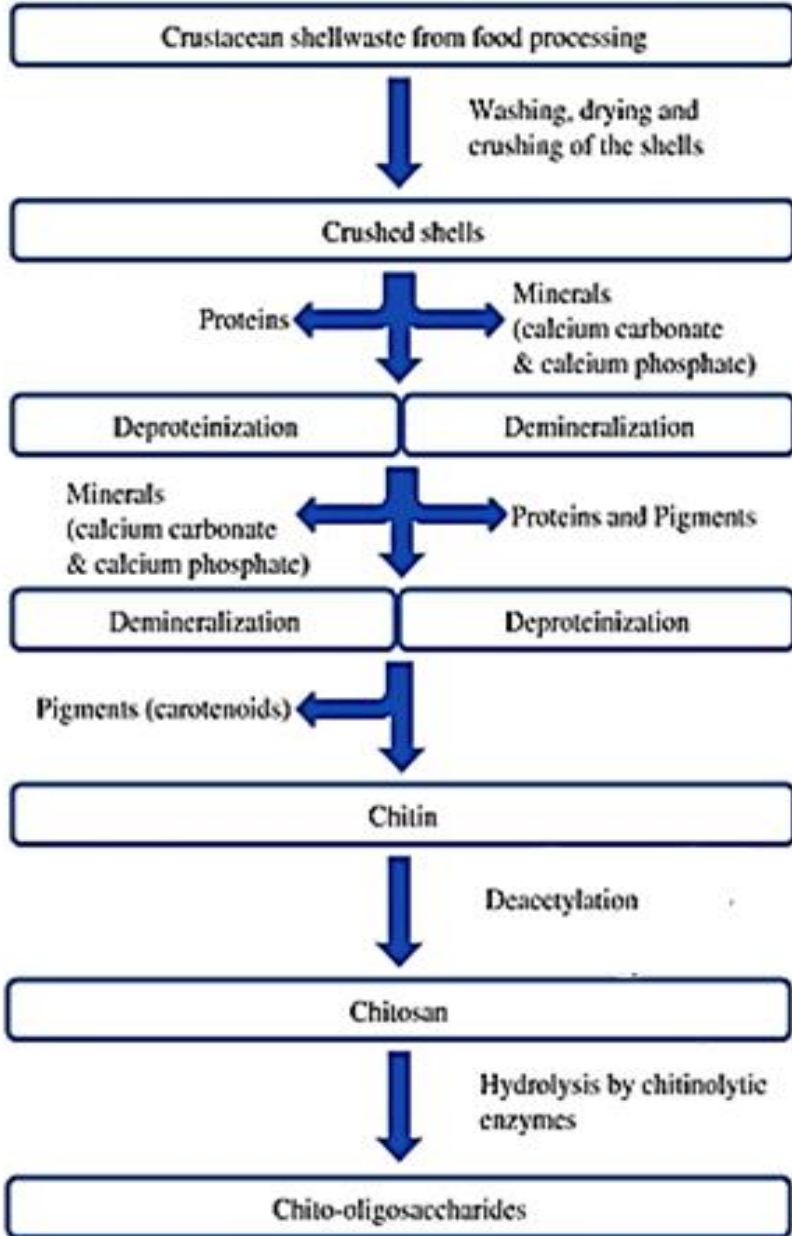


**Quitina** é um homopolissacarídeo linear composto por unidades de N-acetil-D-glucosamina em ligação  $\beta 1 \rightarrow 4$

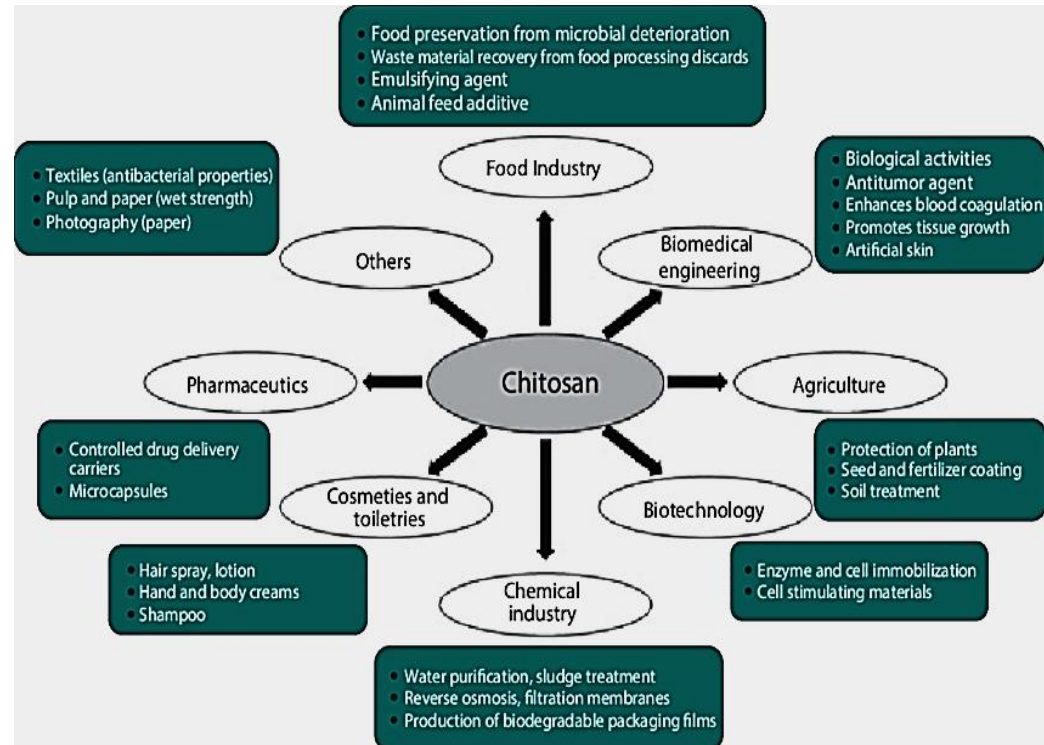
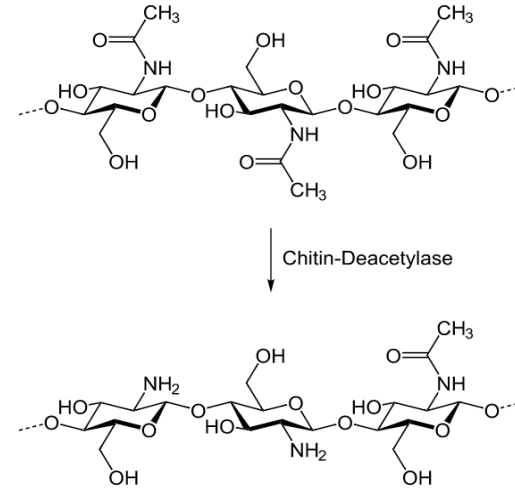


- Exoesqueleto duro de muitas espécies de artrópodes (insetos, lagosta e caranguejos)
- Não é digerida pelos vertebrados
- Fibra do futuro - apresenta muitas possibilidades de uso





# Quitosana



# Glicoconjugados

Oligosacarídeos ou Polissacarídeos ligados  
a proteínas ou lipídeos

**Função estrutural ou de sinalização**

**Glicolipídeos**

**Glicoproteínas**

**Peptideoglicanos**

**Proteoglicanos**

**Lipopolissacarídeos**

Segunda parte do nome é o constituinte que se encontra em maior proporção



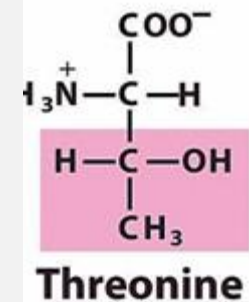
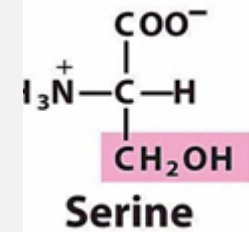
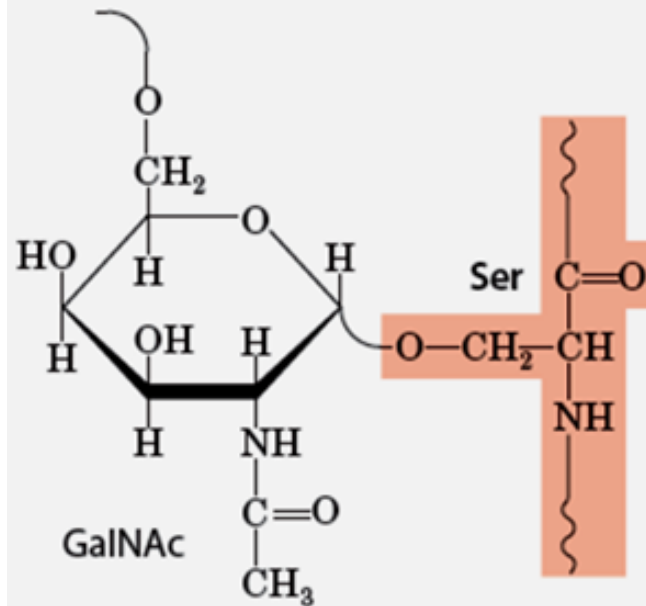
# Glicoproteínas

O carboidrato é ligado por meio de seu carbono anomérico por uma ligação glicosídica com o -OH de um resíduo de Ser ou Thr (**O-ligado**) ou por uma ligação *N-glicosil* com o nitrogênio da amida de um resíduo de Asn (**N-ligado**)

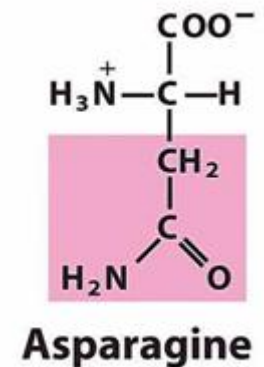
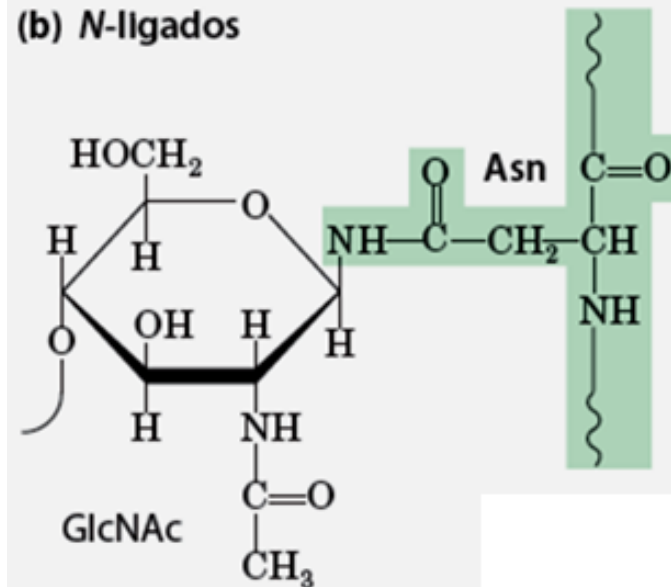
**Glicoproteínas estruturais, não enzimáticas** - vegetais

Controle da diferenciação ou desenvolvimento celular, e interação célula-célula

(a) O-ligados



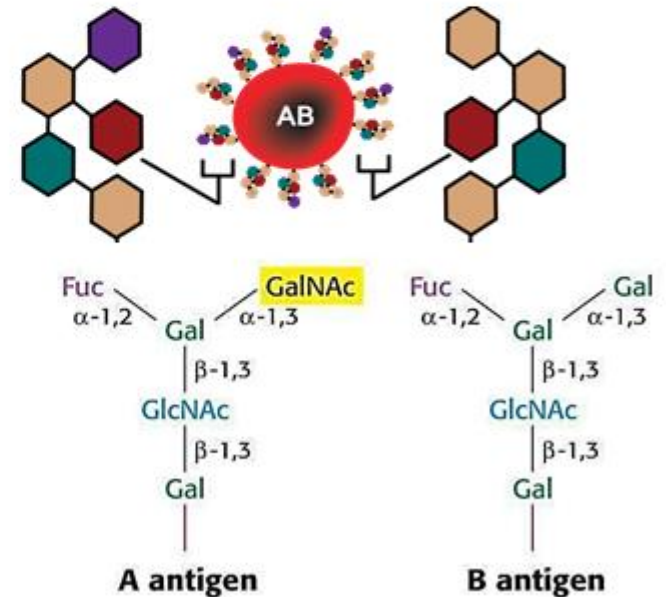
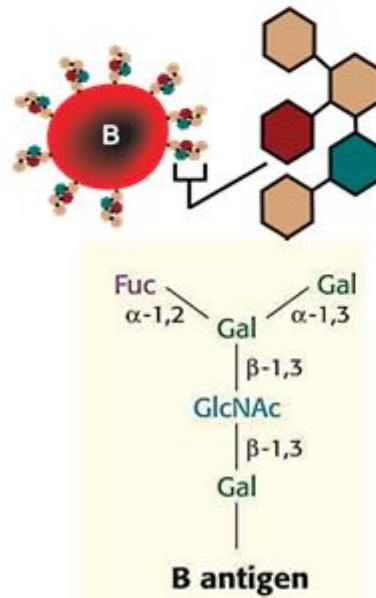
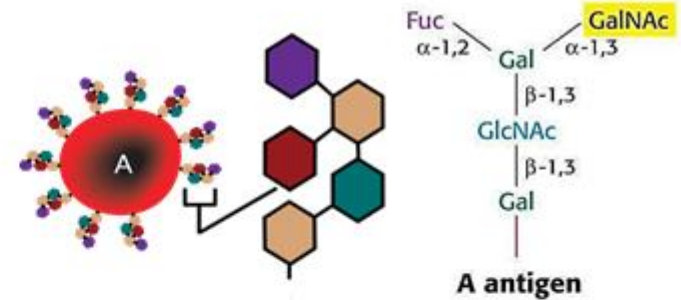
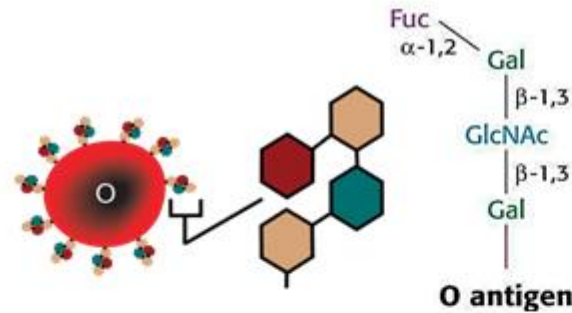
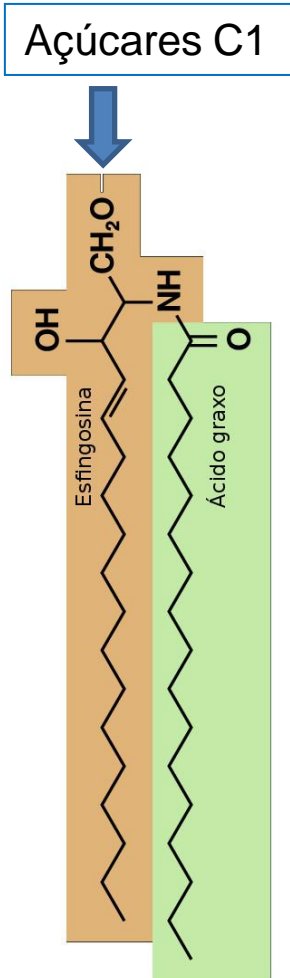
(b) N-ligados



# Glicolipídeos

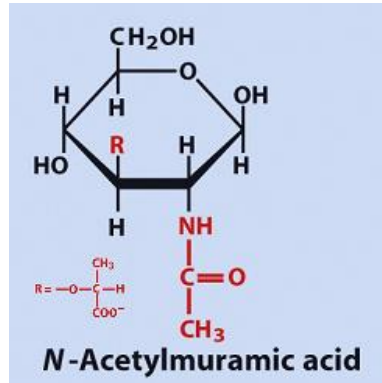
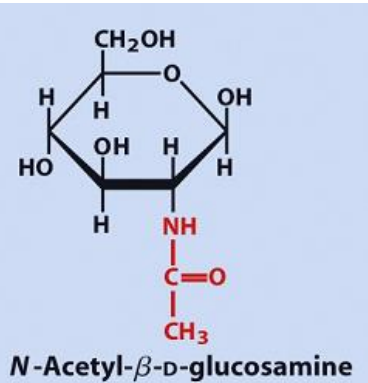
Ligação entre a hidroxila da esfingosina ou do glicerol (lipídeos de membranas) com a hidroxila do açúcar

## Esfingolipídeos das membranas das células vermelhas sangue



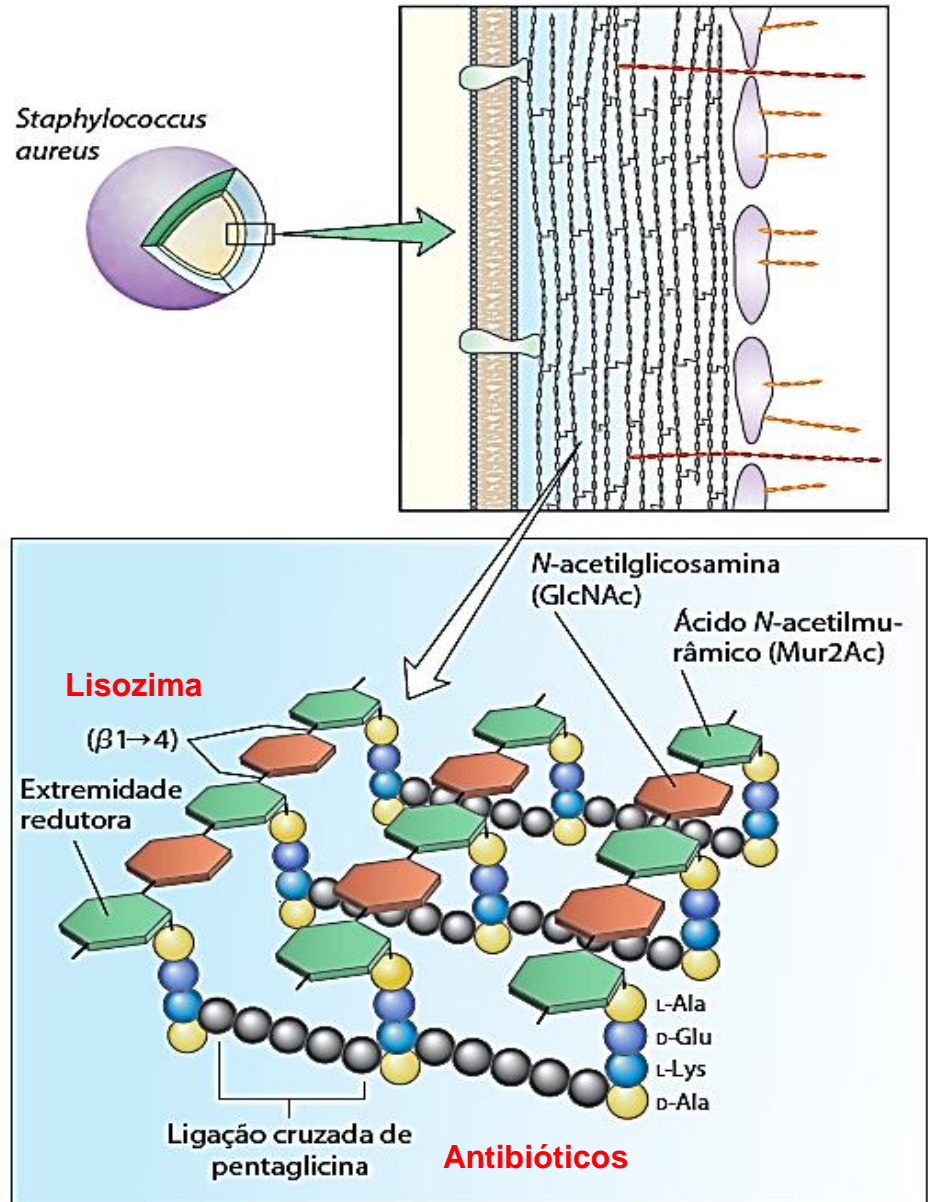
# Peptideoglicanos

Heteropolímeros - ácido N-acetil murâmico e N-acetilglicosamina, interligados por peptídeos



Resíduos Mur2Ac possuem ligados um tetrapeptídeo e as cadeias são unidas por pentaglicina

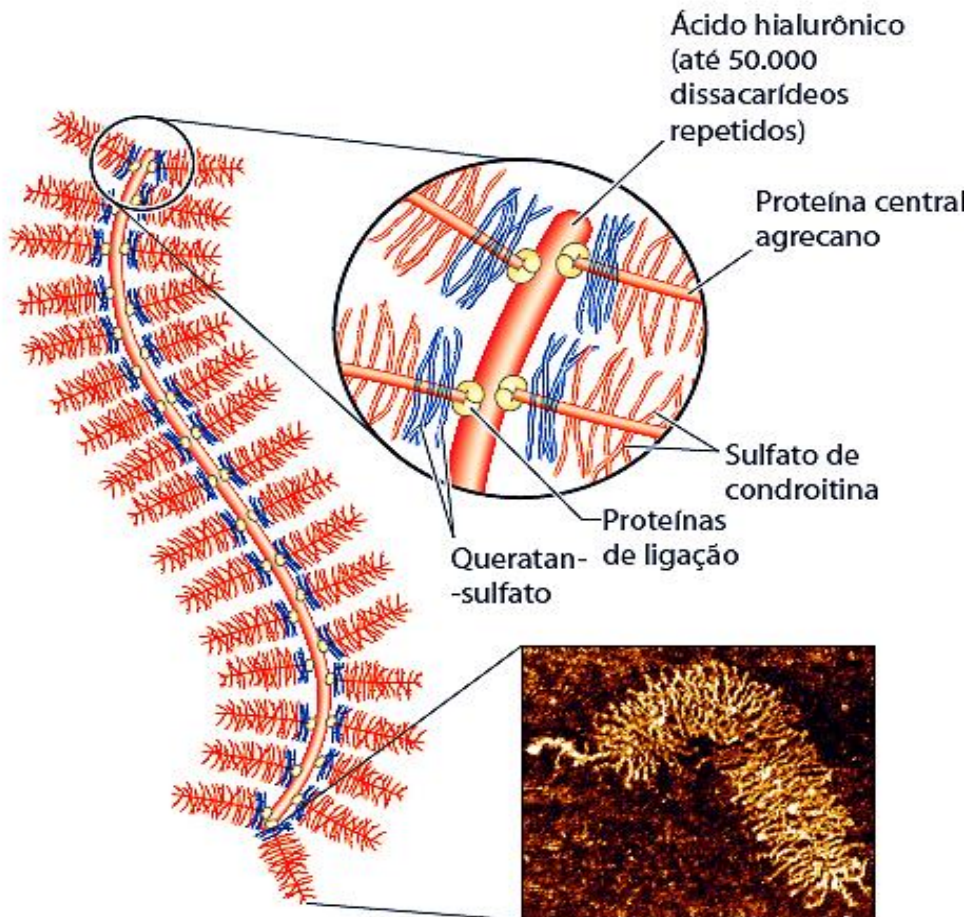
Componente rígido da parede celular das bactérias (gram positivas)





**Proteoglicanos** – são macromoléculas da superfície das células ou da matrix extracelular

Constituídos de uma proteína ligada a várias cadeias de açúcares (di ou trissacarídeos repetitivos )



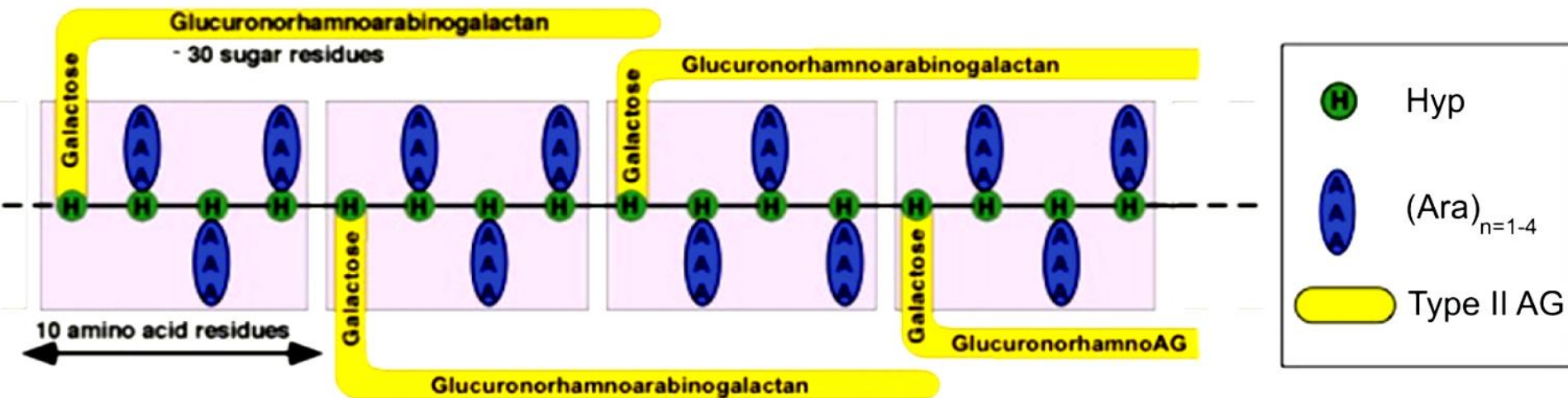
**Animais** – proteoglicano na matrix extracelular – viscosidade e lubrificação das articulações - grupos negativos ( $\text{SO}_4^-$ ) nos açúcares faz com que esse complexo tenha em sua volta grande quantidade de água.

**Vegetais – proteínas arabinogalactanas – participam da parede celular (monocotiledôneas) e de secreções (proteção lesões).**

**São importantes na adesão das células sinalização durante sua diferenciação e reparo. (ex: goma arábica)**

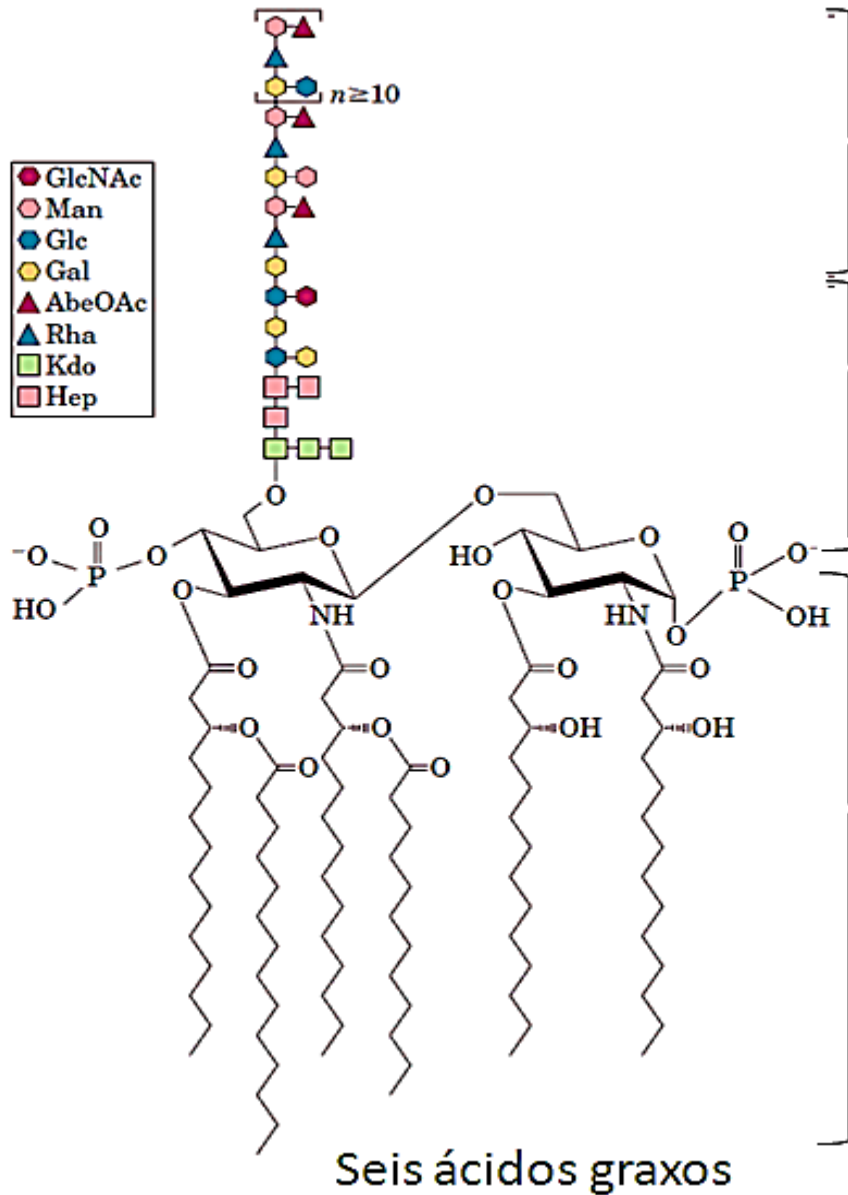


**Espessante e adesivo**



# Lipopolissacarídeos

Moléculas importantes na estrutura das bactérias gram negativas



## Cadeia específica

Váriavel entre diferentes bactérias, é um dos principais determinantes do sorotipo (reatividade imunológica) da bactéria

## Porção central

Estrutura comum a muitas bactérias

## Lipídio A

Estrutura comum a maioria das bactérias

**Especificidade na interação leguminosa: rizóbio na Fixação Biológica de Nitrogênio**

# Importantes reações colorimétricas para aminoácidos, proteínas e carboidratos

Moléculas	Reação de Salkowski (exemplo)	Teste de Molisch	Reação de Biureto	Reação de Benedict	Reação de Seliwanoff	Reação de Ninidrina*	Reação de Millon	Reação do Lugol	Reação Xantoprotéica
Glicose	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Maltose	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Ovoalbumina	-	-	+	-	-	+(fraca)	+	-	+
Frutose	-	+	-	+	+	-	-	-	-
Amido	-	+	-	+(fraca)	-	-	-	+	-
Colesterol	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Sacarose	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Tirosina	-	-	-	-	-	+	+	-	+
Cor de reação positiva e justificativa	Cor vermelho amarronzado na presença de esterol, entre as moléculas da tabela apenas o colesterol é um esterol.	Anel de coloração lilás para todos os carboidratos	Coloração arrochada para proteínas e seus produtos de hidrólise que contém duas ou mais ligações peptídicas	Cor vermelho tijolo para os açúcares redutores mono (todos positivos) e dissacarídeos alguns e polissacarídeos apresentam reação fraca	Produto vermelho para cetoses, apenas a frutose é cetose mas está na molécula de sacarose também	Produto com cor violeta ou amarelo na presença do grupo $\alpha$ -amino livre: dos aminoácidos e do amino terminal de peptídeos e proteínas, além do grupo $\epsilon$ -amino da lisina	Produto colorido avermelhado para composto que tem tirosina (grupo hidroxifenil)	Composto de cor roxo a azulado com as moléculas de amido	Coloração amarelo para tirosina e triptofano ligados ou não às proteínas (grupo fenol)