



# CARBOIDRATOS

## BIOENGENHARIA I

PROF<sup>a</sup>. SHARLINE FLORENTINO DE MELO SANTOS

UFPB - CT - DEQ

[sharlinefm@hotmail.com](mailto:sharlinefm@hotmail.com)


[sharline@ct.ufpb.br](mailto:sharline@ct.ufpb.br)

# Carboidratos

Os carboidratos são as moléculas orgânicas mais abundantes na natureza, apresentam como fórmula geral:  $[C(H_2O)]_n$ , onde  $n \geq 3$ , daí o nome "carboidrato" ou "hidratos de carbono".

Também chamados AÇÚCARES, SACARÍDEOS ou GLICÍDEOS.

O termo sacarídeo é derivado do grego *sakcharon* que significa açúcar. Por isso, são assim denominados, embora nem todos apresentem sabor adocicado.



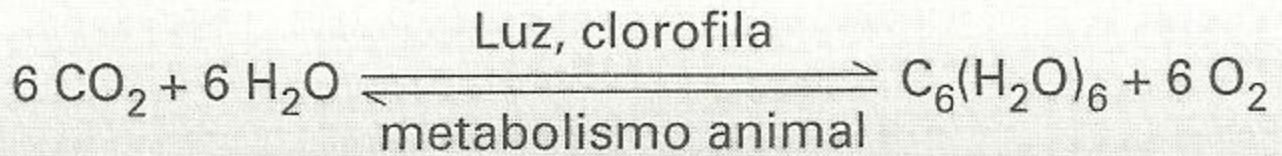
Na biosfera, há provavelmente mais carboidratos do que todas as outras matérias orgânicas juntas, graças à grande abundância, no reino vegetal, de dois polímeros da D-glucose, o **amido** e a **celulose**.




A produção de carboidratos ocorre nas plantas pelo processo de fotossíntese.

A planta contém o pigmento verde clorofila, que catalisa a biossíntese de carboidratos, a partir de dióxido de carbono e água.

A reação é termodinamicamente desfavorável, mas ocorre porque a energia necessária é fornecida pela luz solar.



Enquanto as plantas sintetizam carboidratos a partir de  $\text{CO}_2$  e água, os organismos animais degradam os carboidratos a  $\text{CO}_2$  e água.




Desempenham uma ampla variedade de funções, entre elas:

- Fonte de energia;
- Reserva de energia;
- Estrutural;
- Matéria-prima para a biossíntese de outras biomoléculas.

# Classificação dos carboidratos

Podem ser divididos em três classes principais de acordo com o número de ligações glicosídicas:

- Monossacarídeos
- Oligossacarídeos
- Polissacarídeos



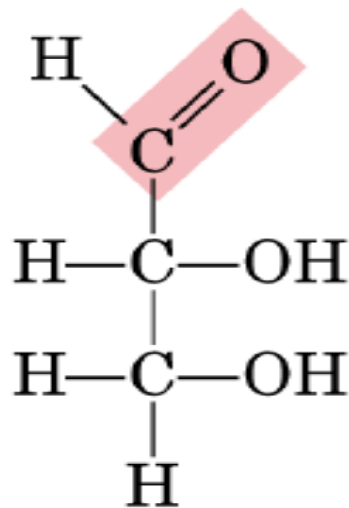
Os **monossacarídeos** estão ligados a produção energética enquanto os **polissacarídeos** possuem função estrutural.

# Monossacarídeos

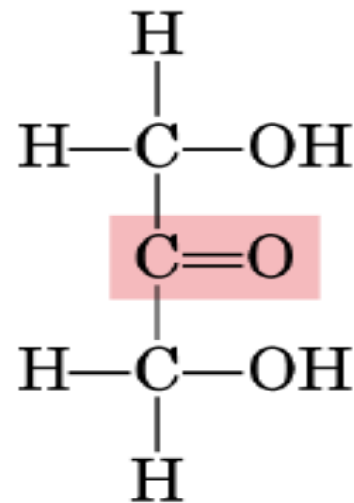
- Os monossacarídeos, também chamados de açúcares simples, são as unidades básicas dos carboidratos.
- São os carboidratos mais simples, dos quais derivam todas as outras classes.

# Monossacarídeos

- Quimicamente são polihidroxialdeídos (ou aldoses) - ou polihidroxicetonas (ou cetoses), sendo os mais simples monossacarídeos compostos com no mínimo 3 carbonos:



Gliceraldeído



Dihidroxicetona

# Monossacarídeos

- Devido à alta polaridade, são sólidos cristalinos em temperatura ambiente, solúveis em água e insolúveis em solventes não polares.
- Suas estruturas são configuradas por uma cadeia carbônica não ramificada, na qual um dos átomos de carbono é unido por meio de uma dupla ligação a um átomo de oxigênio, constituindo assim um grupo carbonila.

# Monossacarídeos

- O restante dos átomos de carbono possui um grupo hidroxila (daí a denominação de polihidroxi).
- Quando o grupo carbonila está na extremidade da cadeia, o monossacarídeo é uma **aldose**.
- Caso o grupo carbonila esteja em outra posição, o monossacarídeo é uma **cetose**.

# Monossacarídeos Classificação

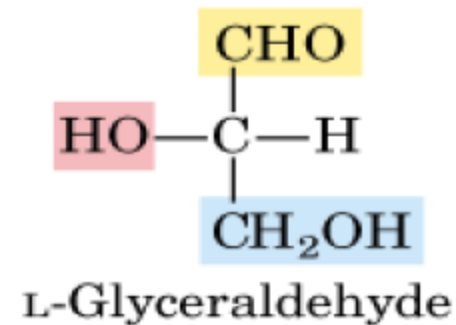
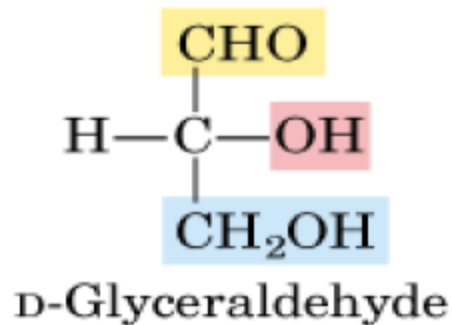
- Os monossacarídeos são classificados de acordo com a natureza química do grupo carbonila e pelo número de seus átomos de carbono.
- De acordo com a natureza química do grupo carbonila:
  - **Aldoses** – têm grupos aldeídicos
  - **Cetoses** – têm grupos cetônicos

# Monossacarídeos Classificação

- De acordo com número de átomos de carbono:
  - **Trioses** – 3 carbonos
  - **Tetroses** – 4 carbonos
  - **Pentoses** – 5 carbonos
  - **Hexoses** – 6 carbonos, etc

# Configuração dos Monossacarídeos

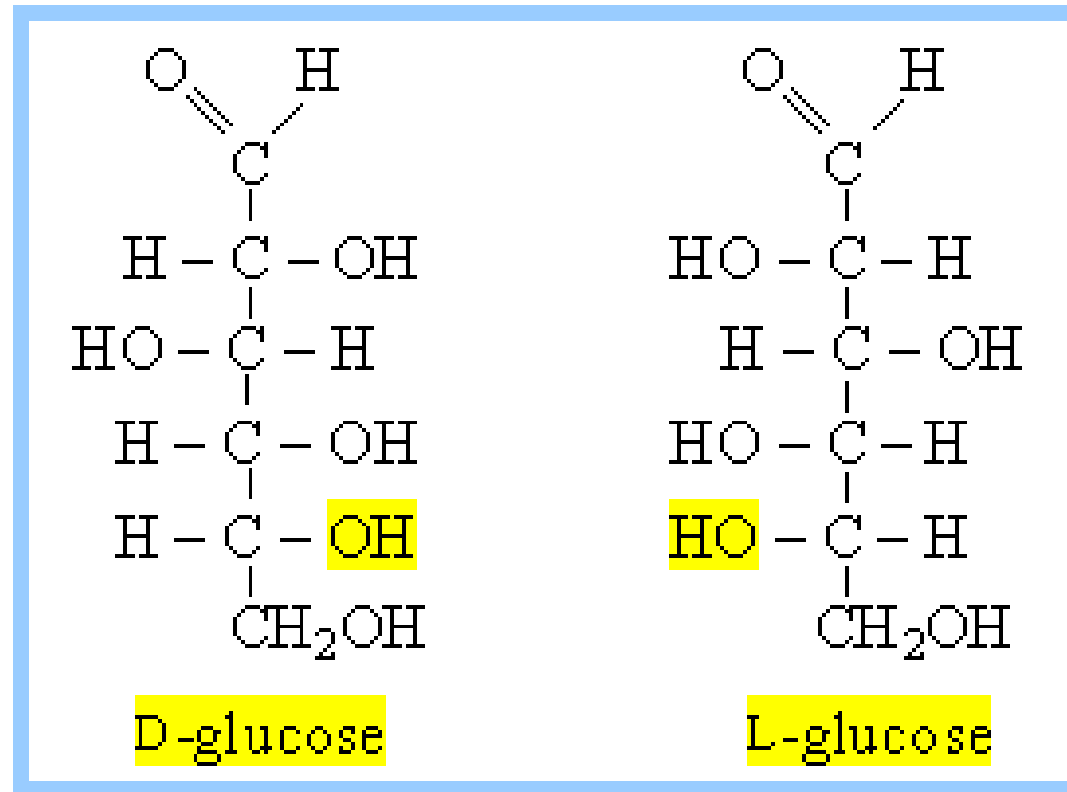
- Com exceção da dihidroxicetona todos os monossacarídeos possuem átomos de carbono assimétricos (ou quirais).



# Configuração dos Monossacarídeos

- A conformação L ou D de um monossacarídeo com múltiplos centros quirais é dada pela configuração absoluta do carbono quiral mais distante dos grupos aldeído ou cetona.
- A numeração dos átomos de carbono dos monossacarídeos começa sempre pela extremidade mais próxima ao carbono com o grupo cetona ou aldeído.

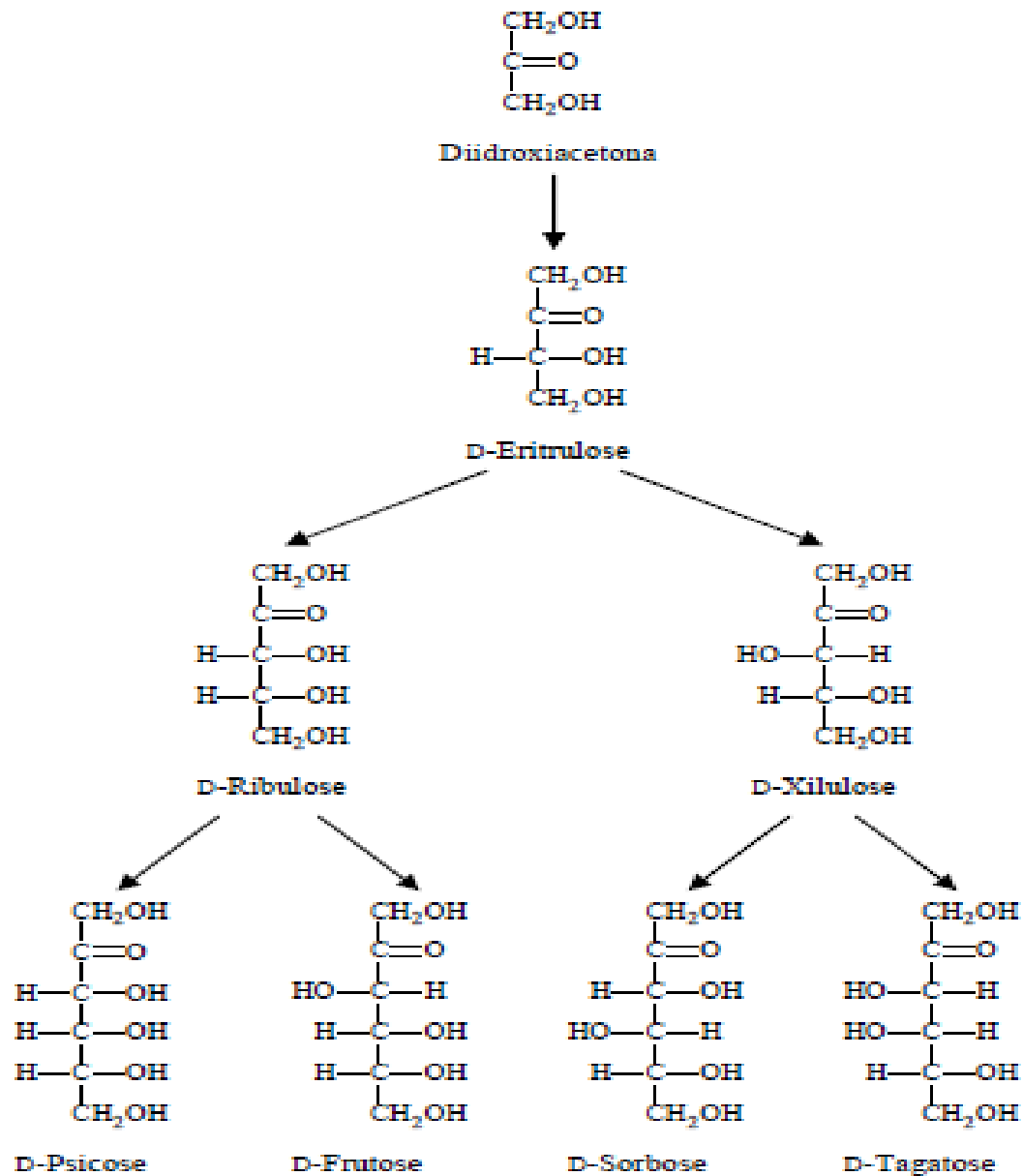
# Configuração dos Monossacarídeos



- As aldoses e as cetoses da serie L são imagens especulares de seus correspondentes da série D.

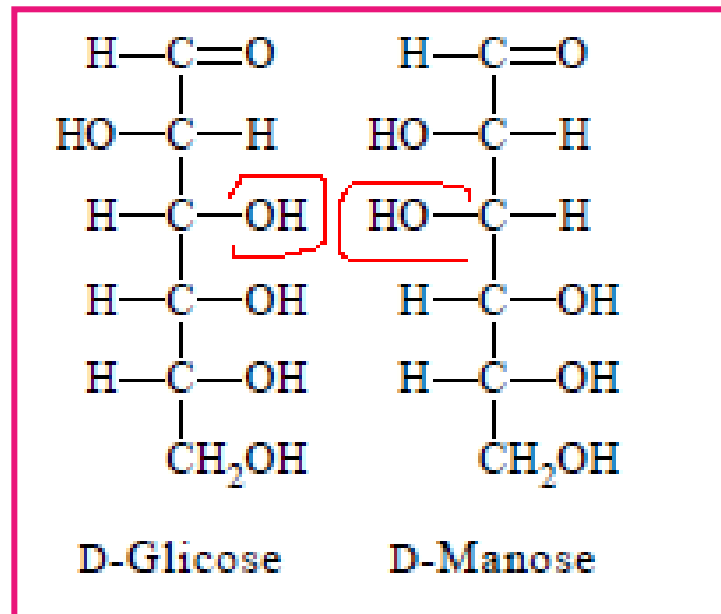


# Série das D-cetoses



# Monossacarídeos

- Os monossacarídeos que diferem apenas pela configuração em torno de um átomo de carbono são denominados **epímeros** um dos outros. Portanto, a D-glicose e a D-manose são epímeros em relação ao C2.



# Monossacarídeos

- Todas as aldoses e cetoses possuem a mesma configuração no átomo de carbono assimétrico mais afastado do carbono carbonílico.
- Os L-açúcares são encontrados na natureza, mas não são tão abundantes como os D-açúcares.
- Os monossacarídeos mais importantes são as **Pentoses** e as **Hexoses**.

# Monossacarídeos

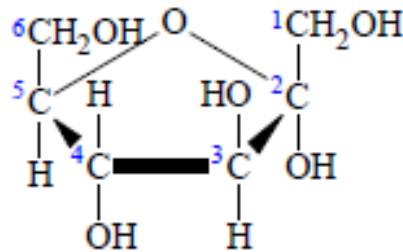
- As pentoses mais importantes são:
  - Ribose
  - Arabinose
  - Xilose
  
- As hexoses mais importantes são:
  - Glicose
  - Galactose
  - Manose
  - Frutose

# Monossacarídeos em Solução Aquosa

- Nos monossacarídeos com 5 ou mais átomos de carbono a forma mais estável é a forma cíclica.
- Os monossacarídeos em solução aquosa estão presentes na sua forma aberta em uma proporção de apenas 0,02%
- O restante das moléculas está ciclizada na forma de um anel hemiacetal de 5 ou de 6 vértices.

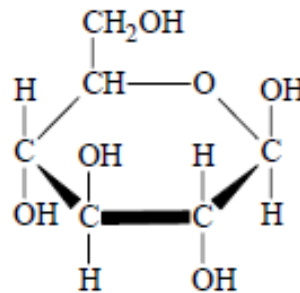
# Monossacarídeos em Solução Aquosa

- O anel de 5 vértices é chamado de anel furanosídico



$\alpha$ -D-Frutose

- O anel de 6 vértices é chamado de anel piranosídico

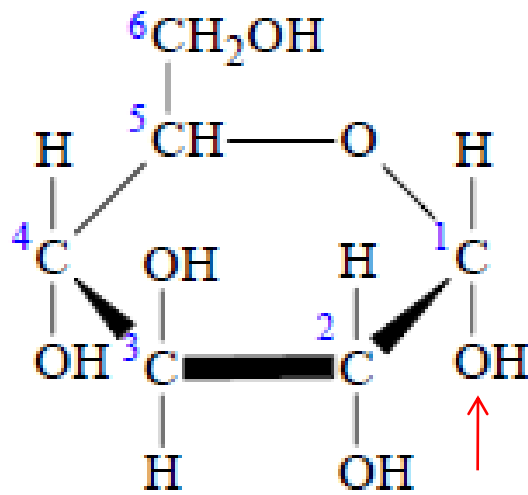


$\beta$ -D-Glicose

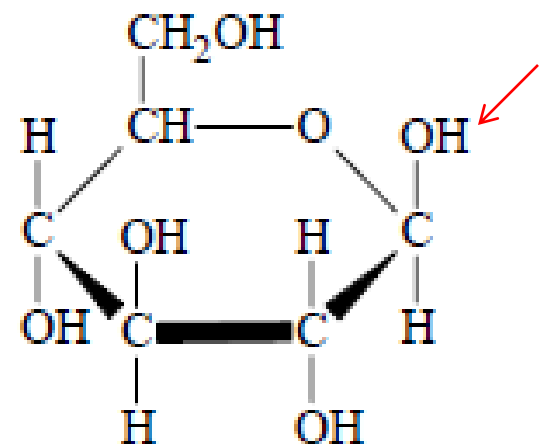
# Monossacarídeos em Solução Aquosa

- Na estrutura do anel, o carbono onde ocorre a formação do hemiacetal é denominado "Carbono Anomérico", e sua hidroxila pode assumir 2 formas:
  - **Alfa** - Quando ela fica para baixo do plano do anel
  - **Beta** - Quando ela fica para cima do plano do anel

# Monossacarídeos em Solução Aquosa



$\alpha$ -D-Glucose



$\beta$ -D-Glucose

# Monossacarídeos em Solução Aquosa

- A interconversão entre estas formas é dinâmica e denomina-se Mutarrotação
  - Exemplo: Para a molécula da glicose, em solução aquosa, temos as seguintes proporções:
    - $\beta$  - D - Glicopirranose: 62%
    - $\alpha$ - D - Glicopirranose: 38%
    - $\alpha$ - D - Glicofuranose: menos de 0,5%
    - $\beta$  - D - Glicofuranose: menos de 0,5%
    - Forma aberta: menos de 0,02%

# Monossacarídeos em Solução Aquosa

- As outras hidroxilas da molécula, quando representadas na forma em anel, seguem a convenção:
- Se estavam para a direita è - Para baixo do plano do anel
- Se estavam para a esquerda è - para cima do plano do anel.

# Monossacarídeos em Solução Aquosa

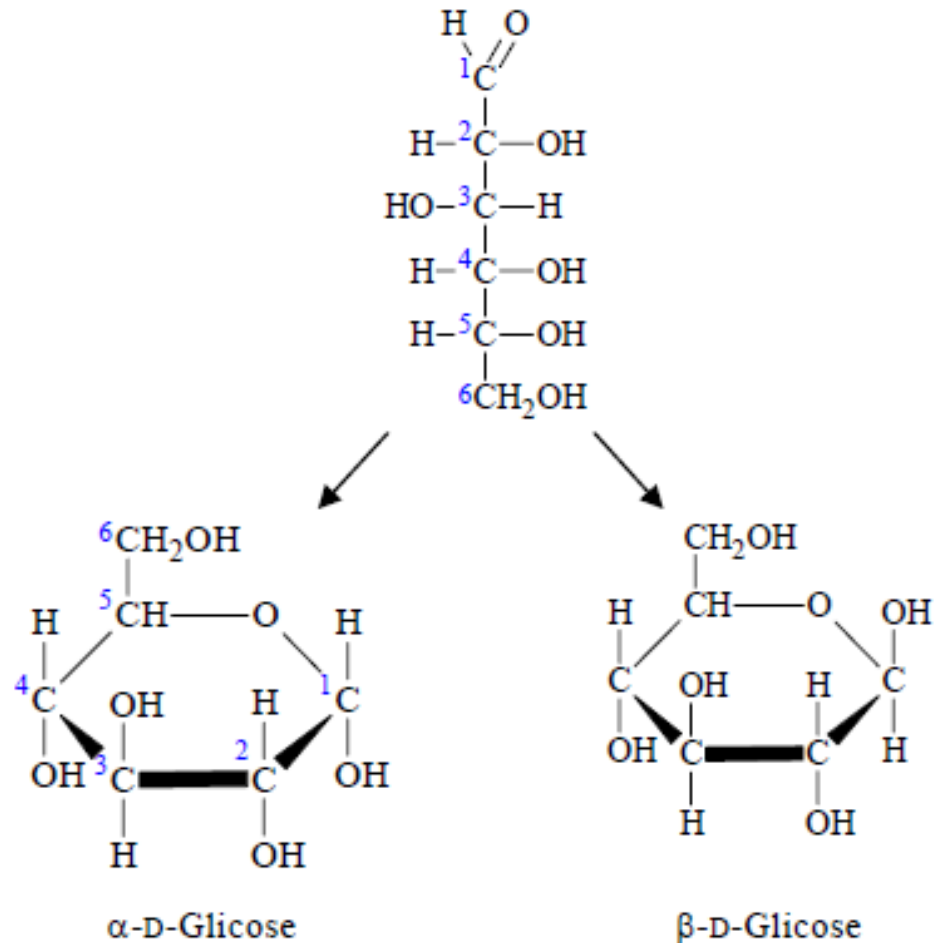
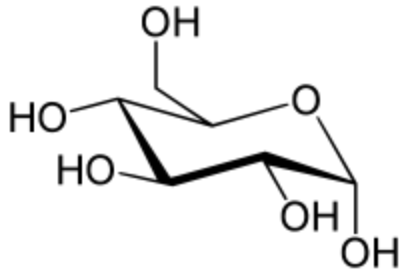


Figura 5.3

Ciclização da glicose conformação dos anômeros  $\alpha$  e  $\beta$ .

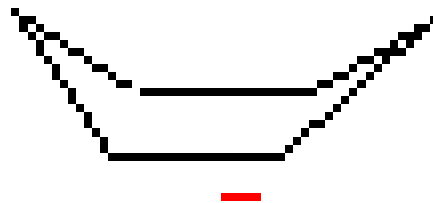
# Monossacarídeos em Solução Aquosa

- Existe ainda a possibilidade de se dividir as estruturas em anel em 2 grupos, conforme sua configuração espacial:
- Estrutura em cadeira é mais comum



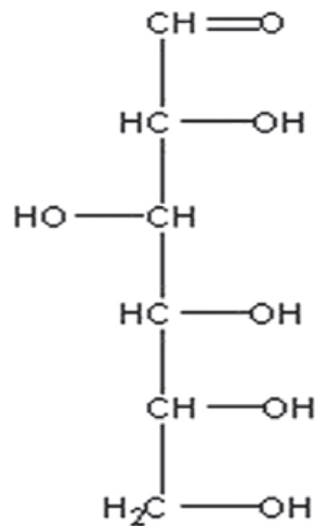
Conformação em cadeira da glucose.

- Estrutura em barco

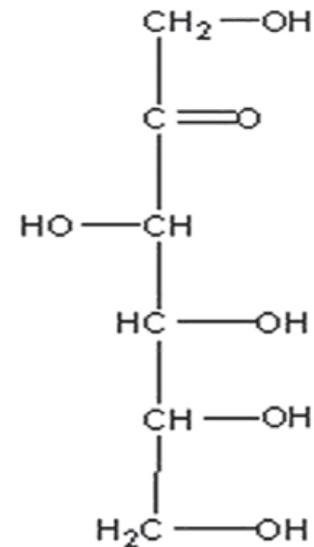


# Monossacarídeos

- A glicose e a frutose são os dois monossacarídeos mais abundantes na natureza.
- Glicose e frutose são os principais açúcares de muitas frutas, como uva, maçã, laranja, pêsego etc.



D-glicose



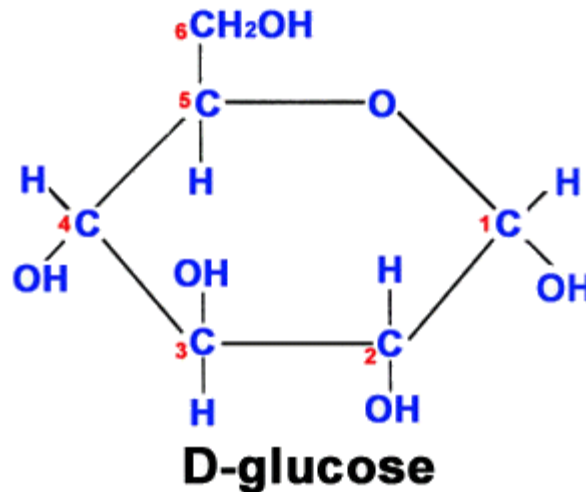
D-frutose

# Monossacarídeos

- A presença da glicose e da frutose possibilita, devido à fermentação, a produção de bebidas como o vinho e as sidras, cujo processo é anaeróbio e envolve a ação de microrganismos.
- Nesse processo, os monossacarídeos são convertidos, principalmente, em etanol e dióxido de carbono com liberação de energia.

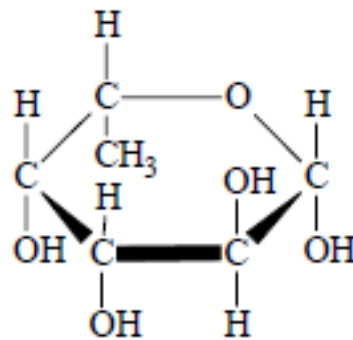
# Monossacarídeos

- A D-glucose é o monossacarídeo fundamental de onde muitos são derivados.
- É o principal combustível para a maioria dos organismos e o monômero primário básico dos polissacarídeos mais abundantes, tais como o amido e a celulose.

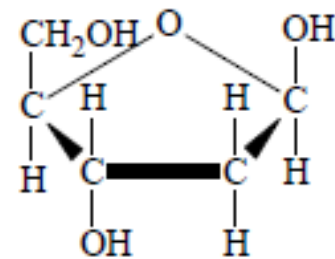


# Derivados dos Monossacarídeos

- **Desoxiaçúcares** – Nos desoxiaçúcares um grupo –OH é substituído por H. Dois importantes desoxiaçúcares encontrados nas células são: a L-fucose (formado a partir da D-manose por redução) e a 2-desoxi-ribose.
- A fucose é encontrada nas glicoproteínas.
- A desoxirribose é componente do DNA.



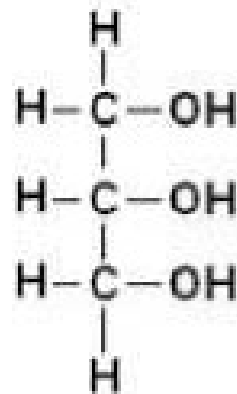
$\beta$ -L-Fucose



$\beta$ -D-Desoxirribose

# Derivados dos Monossacarídeos

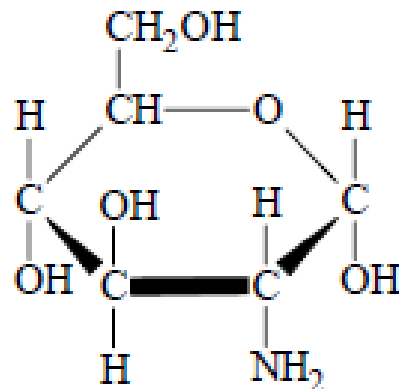
- **Açúcares Álcoois** – o grupo carbonílico dos monossacarídeos pode ser reduzido por H<sub>2</sub> gasoso na presença de catalisadores metálicos, formando os correspondentes álcoois açúcares.
- O glicerol é derivado do D-gliceraldeído, ocorre na natureza como componente importante de alguns lipídios.



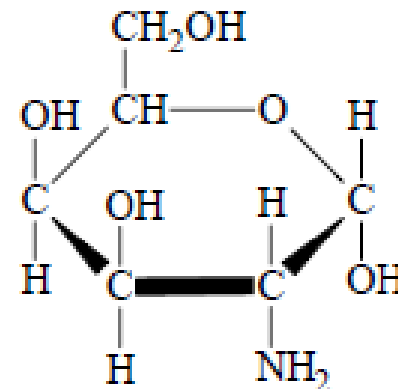
Glicerol

# Derivados dos Monossacarídeos

- **Aminoaçúcares** – um ou mais grupos OH do monossacarídeo são substituídos por um grupo amina.
- A D-glicosamina e a D-galactosamina são os mais comuns.



$\alpha$ -D-Glicosamina



$\alpha$ -D-Galactosamina

# Derivados dos Monossacarídeos

- A D-glicosamina é o principal componente da quitina, um polissacarídeo estrutural encontrado no exoesqueleto de insetos e crustáceos.
- A D-galactosamina é um componente dos glicolipídeos.



# OLIGOSSACARÍDEOS

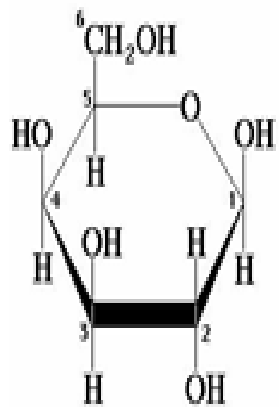
# Oligossacarídeos

- Os oligossacarídeos são polímeros relativamente pequenos que consistem de dois a dez monossacarídeos.
- Os mais comuns são os dissacarídeos, dos quais se destacam a sacarose (açúcar da cana) e a lactose (açúcar do leite).

# Dissacarídeos

- São carboidratos ditos glicosídeos, pois são formados a partir da ligação de 2 monossacarídeos através de ligações especiais denominadas "Ligações glicosídicas".
- A ligação glicosídica ocorre entre o carbono anomérico (carbono da carbonila) de um monossacarídeo e qualquer outro carbono do monossacarídeo seguinte, através de suas hidroxilas e com a saída de uma molécula de água.

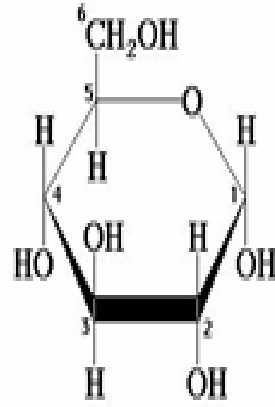
# Dissacarídeos



**galactose**

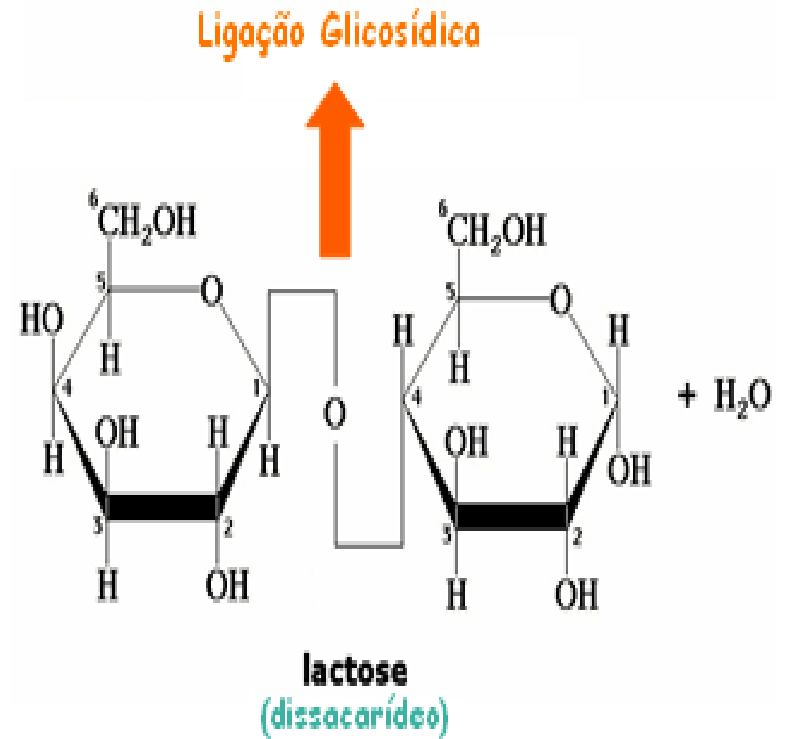
(monossacarídeo)

+



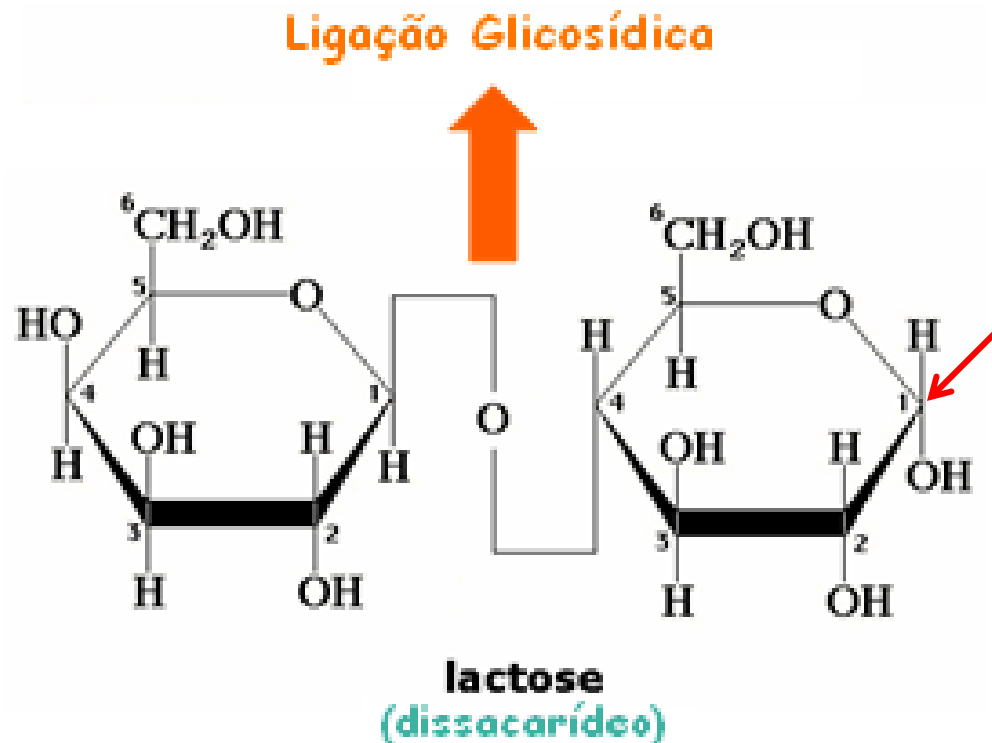
**glucose**

(monossacarídeo)



# Dissacarídeos

- A **Lactose** ocorre naturalmente apenas no leite. Possui um carbono anomérico livre no seu resíduo de glicose.



# Dissacarídeos

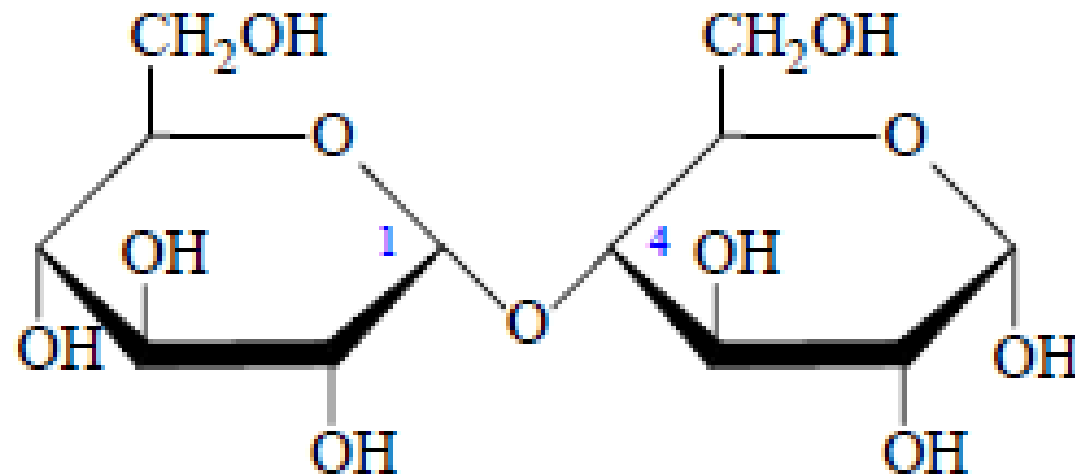
- Os açúcares com carbonos anoméricos que não formam glicosídeos são denominados **açúcares redutores**.
- Todos os monossacarídeos são açúcares redutores.
- O grupo carbonila é oxidado a carboxila com a concomitante redução, por exemplo, do íon cúprico ( $\text{Cu}^{2+}$ ) a cuproso ( $\text{Cu}^{+}$ ).
- Tal princípio é útil na análise de açúcares!

# Dissacarídeos

- **Maltose** – Também conhecido como açúcar do malte, é o elemento básico da estrutura do amido, de onde pode ser obtido por hidrólise ácida ou enzimática.
- Consiste de dois resíduos de glicose em uma ligação glicosídica  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  onde o C1 de uma glicose liga-se ao C4 de outra glicose.
- O segundo resíduo de glicose da maltose contém um átomo de carbono anomérico livre, sendo assim açúcar redutor.

# Dissacarídeos

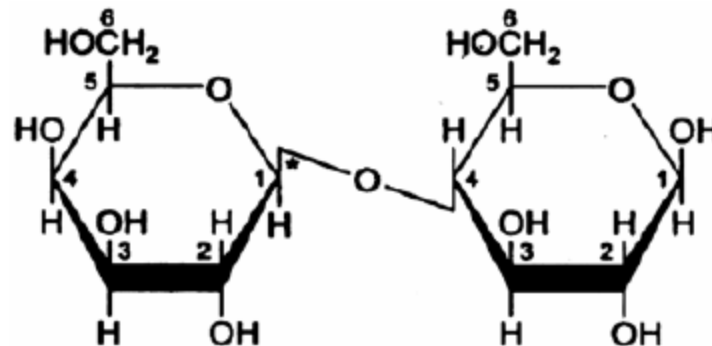
- **Maltose**



Maltose, ligação  $\alpha(1 \rightarrow 4)$

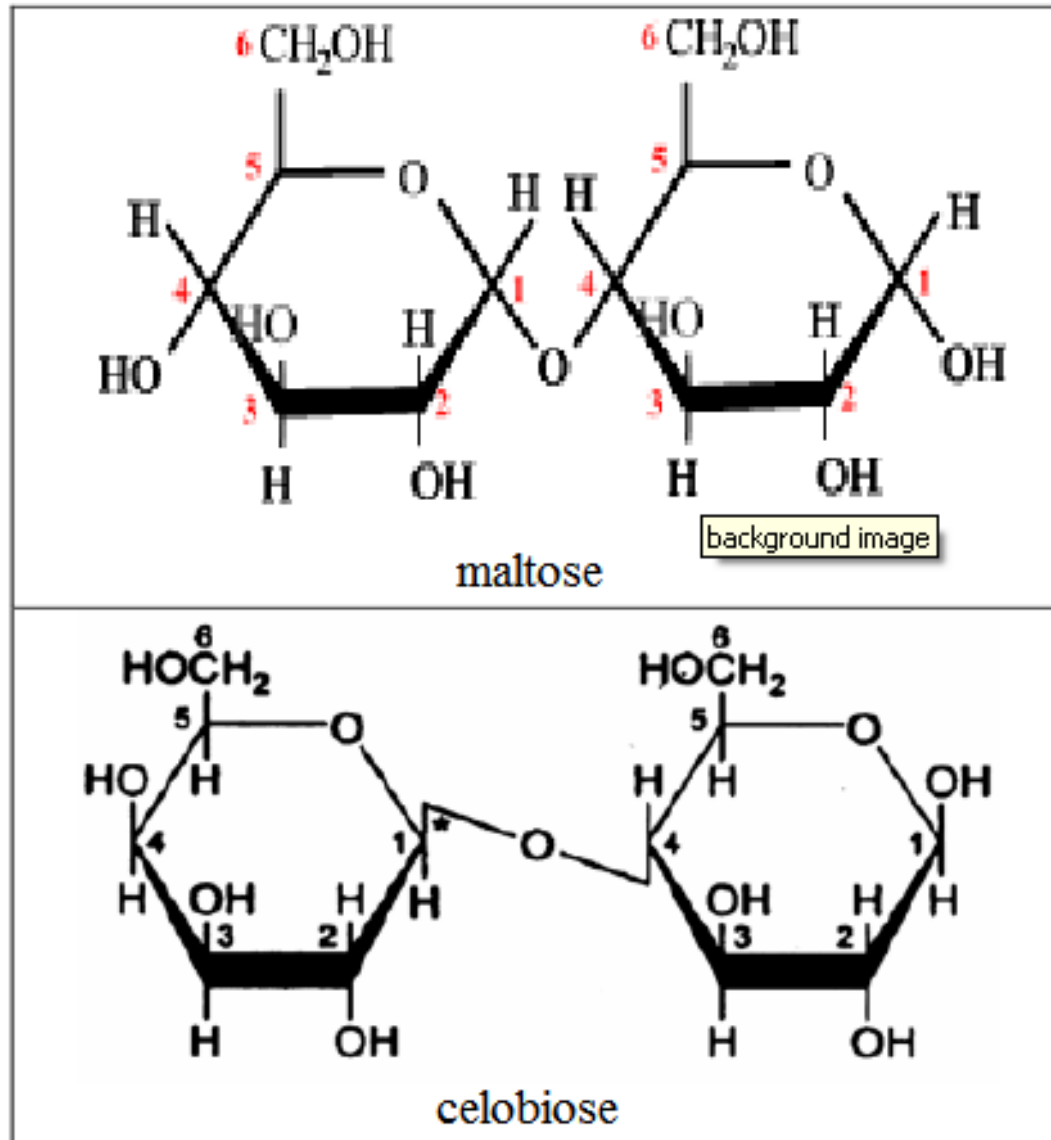
# Dissacarídeos

- **Celobiose** – é um dissacarídeo redutor, não encontrado livre na natureza, mas como unidade estrutural de polímeros como celulose, da qual é obtido por hidrólise.
- Igual a maltose, exceto na configuração da ligação glicosídica  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4).



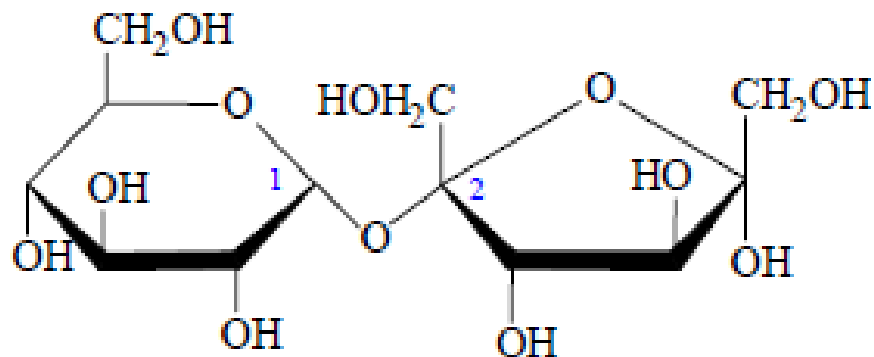
celobiose

# Dissacarídeos



# Dissacarídeos

- **Sacarose** – também conhecida por açúcar comum (extraído da cana) é constituída pela união de uma  $\alpha$ -D-glicose com a  $\beta$ -D-frutose, pela ligação glicosídica  $\alpha, \beta$  (1 $\rightarrow$ 2).
- A ligação ocorre entre o carbono anomérico de cada açúcar, sendo então um açúcar não redutor.



Sacarose, ligação  $\alpha(1\rightarrow2)$

# Dissacarídeos

- A hidrólise ácida da sacarose dá uma mistura equimolecular dos dois monossacarídeos: glicose e frutose.
- A hidrólise da sacarose é chamada de inversão do açúcar e a mistura de produtos de **Açúcar invertido**.



# POLISSACARÍDEOS

# Polissacarídeos

- São os carboidratos complexos, macromoléculas formadas por milhares de unidades monossacarídicas ligadas entre si por ligações glicosídicas, unidas em longas cadeias lineares ou ramificadas.
- Os polissacarídeos possuem duas funções biológicas principais, como forma armazenadora de combustível e como elementos estruturais.
- São insolúveis em água e não tem sabor nem poder redutor.

# Classificação dos Polissacarídeos

São classificados como:

- **Homopolissacarídeos** – contêm apenas um tipo de monossacarídeos, por exemplo, amido, glicogênio e celulose.
- **Heteropolissacarídeo** – Contêm dois ou mais tipos diferentes de monossacarídeos, por exemplo, hemicelulose.

# Polissacarídeos

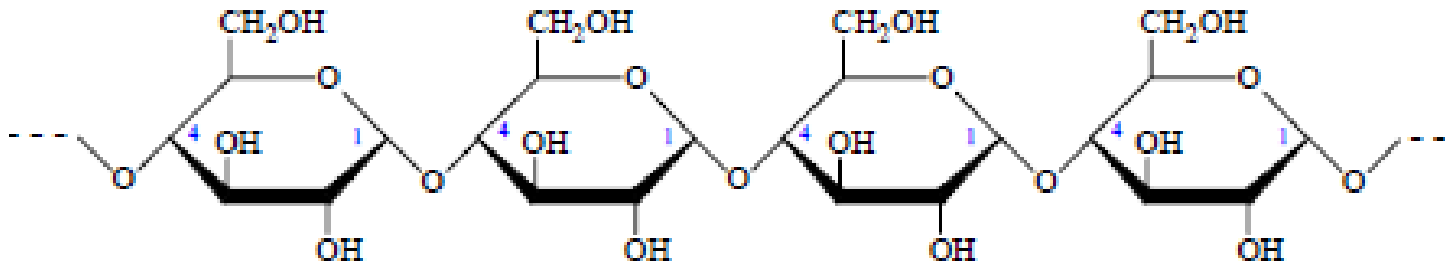
- Os polissacarídeos mais importantes são os formados pela polimerização da glicose, em número de 3:
  - Amido
  - Glicogênio
  - Celulose

# Polissacarídeos

- **Amido:** É o polissacarídeo de reserva da célula vegetal.
- O milho, a batata, o trigo e o arroz são as mais importantes fontes comerciais.
- É constituído por uma mistura de dois polímeros da glicose: **Amilose e Amilopectina.**

# Polissacarídeos

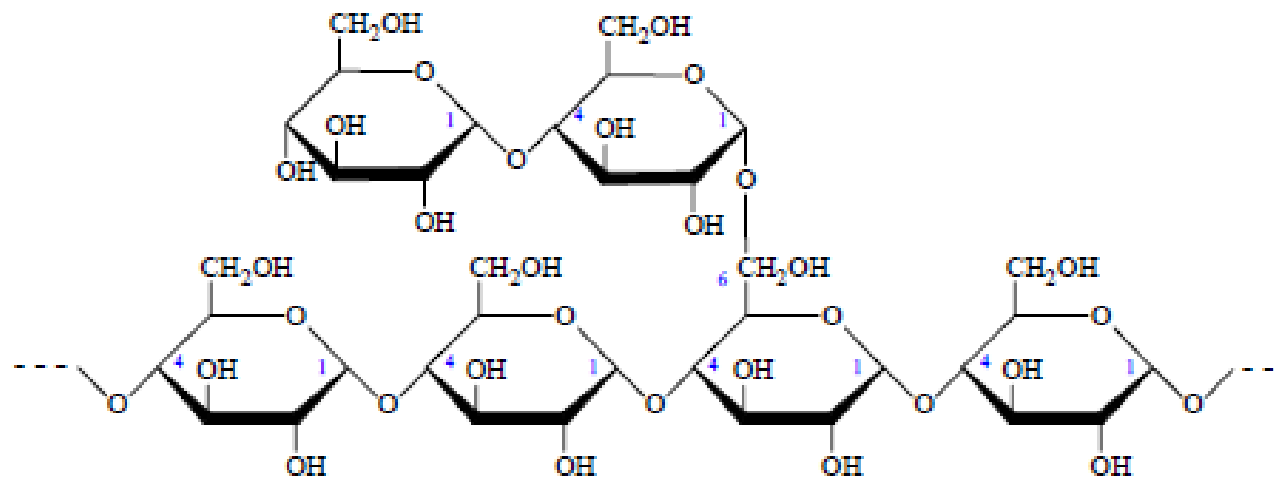
- **Amilose** – são polímeros de cadeias longas de resíduos de  $\alpha$ -D- glicose unidos por ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow4)$ .



Amilose, ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$

# Polissacarídeos

- **Amilopectina** – é uma estrutura altamente ramificada formada por resíduos de  $\alpha$ -D-glicose unidos por ligações glicosídicas  $\alpha(1\rightarrow4)$ , mas, também, por várias ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$  nos pontos de ramificação, que ocorre entre 24 e 30 resíduos.



Amilopectina, ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$  e  $\alpha(1\rightarrow6)$

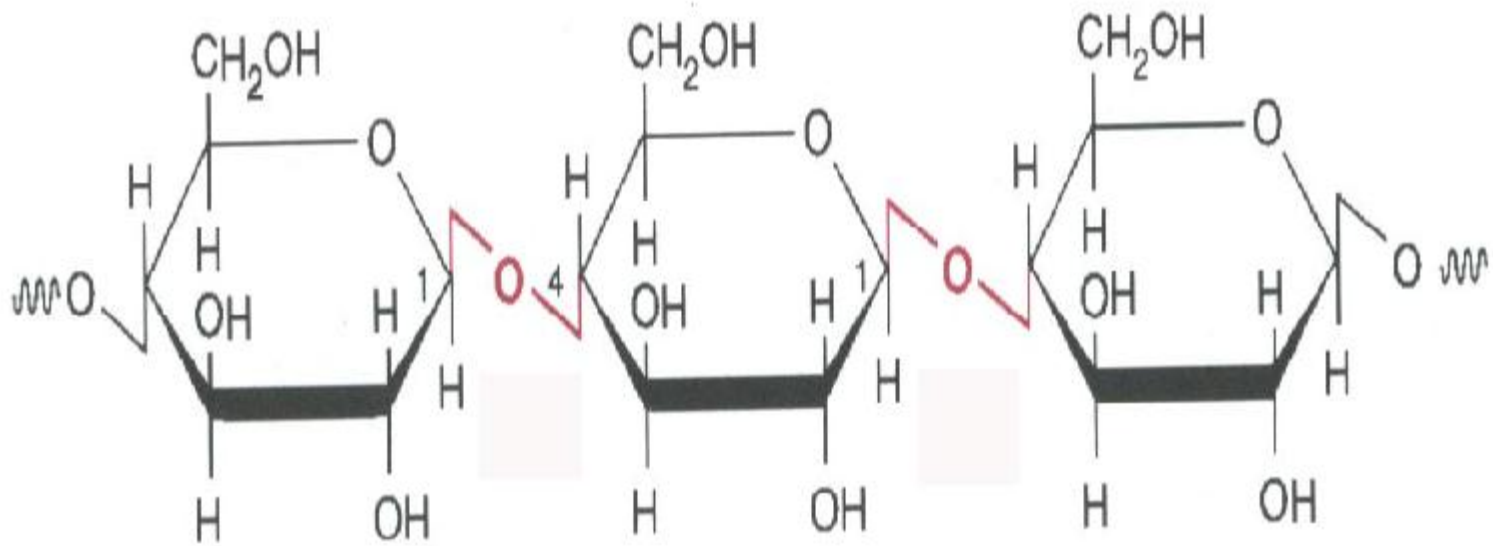
# Polissacarídeos

- **Glicogênio:** É o polissacarídeo de reserva da célula animal.
- Muito semelhante ao amido, possui um número bem maior de ligações a (1,6), o que confere um alto grau de ramificação à sua molécula.
- As ramificações ocorrem após 8 a 12 resíduos de glicose.

# Polissacarídeos

- **Celulose:** É o carboidrato mais abundante na natureza.
- Possui função estrutural na célula vegetal, como um componente importante da parede celular.
- Semelhante ao amido e ao glicogênio em composição, a celulose também é um polímero de glicose, mas formada por ligações tipo  $\beta$  (1,4).
- Este tipo de ligação glicosídica confere á molécula uma estrutura espacial muito linear, que forma fibras insolúveis em água e não digeríveis pelo ser humano.

# Polissacarídeos



**CELULOSE (LIG. BETA 1,4, GLICOSIDICA)**

# Polissacarídeos

- **Hemicelulose:** são polímeros complexos encontrados nos vegetais, em estreita associação com a celulose e lignina.
- São moléculas muito menores que a celulose.
- Constituída principalmente de D-xilose, D-arabinose, D-galactose e L-raminose.



**FIM!**