

# Estrutura de carboidratos

**CCM0111: Bioquímica, Estrutura de  
Biomoléculas e Metabolismo**  
**Dr. Danilo B. Medinas**



**Material de estudo para prova**

Voet: Capítulo 11

Lehninger: Capítulo 7



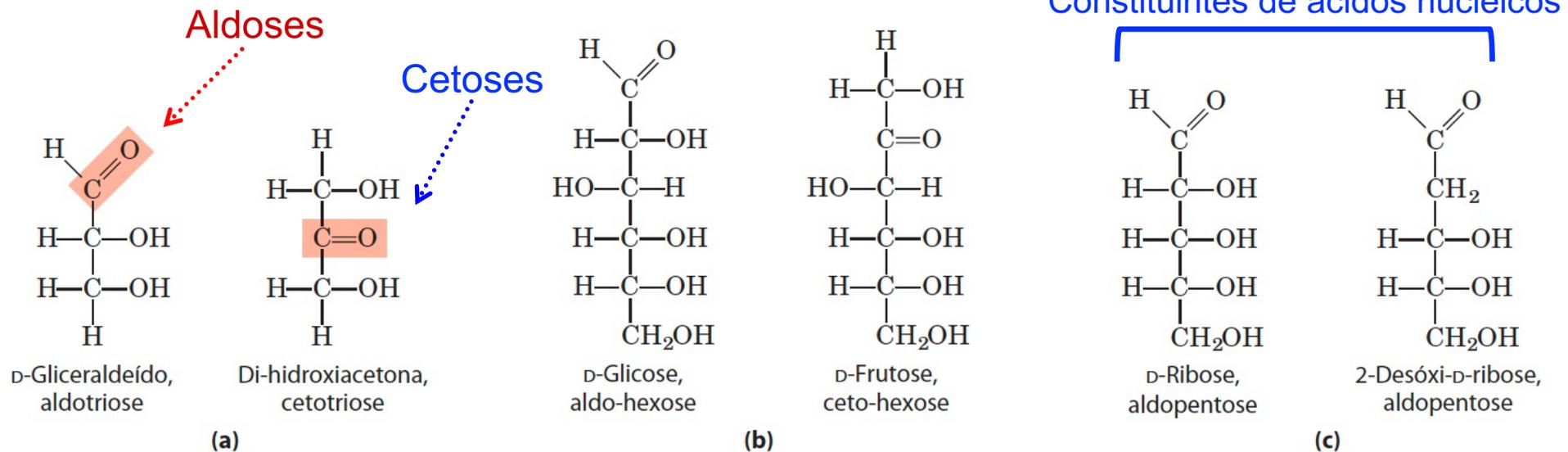
<https://app.jove.com/science-education/v/10680/what-are-carbohydrates>

# O que são carboidratos?

- Como o nome sugere, são uma classe de moléculas cuja estrutura mínima é dada por  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , podendo também conter N, P e S.
- Possuem a função orgânica aldeído ou cetona, e podem existir como monômeros ou polímeros.
- Sua grande diversidade estrutural permite que tenham uma gama de funções biológicas, tais como combustível metabólico, identidade e interações celulares, proteção e rigidez de membranas, etc.
- Compõem outras biomoléculas, como ácidos nucleicos, proteínas e lipídeos.
- A unidade monomérica é referida como monossacarídeo (sacarídeo = açúcar).

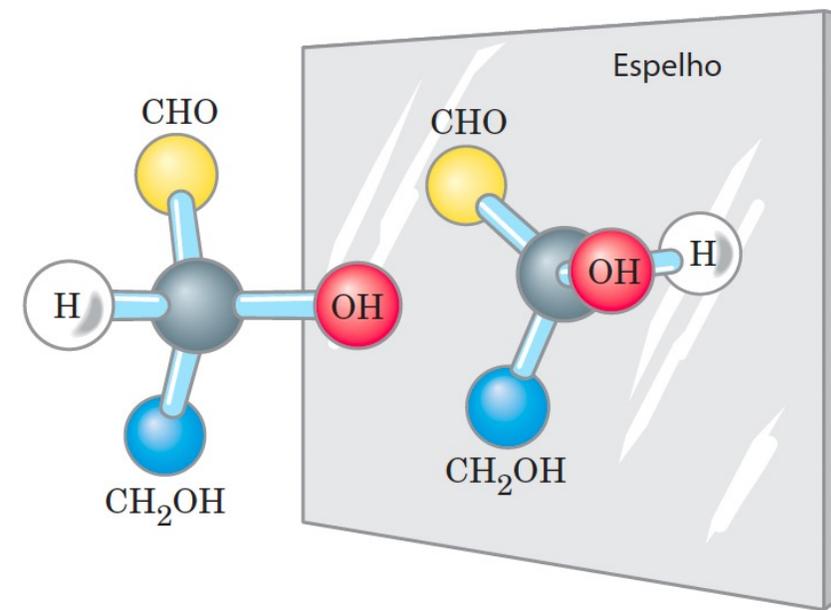
# Monossacarídeos

- São aldeídos (classe aldose) ou cetonas (classe cetose), com dois ou mais grupos hidroxila também compondo a molécula.
- Muitos centros quirais, originando diferentes estereoisômeros (exceto dihidroxiacetona).
- Cadeias de três ou mais carbonos não ramificadas, onde os átomos de C estão unidos por ligações simples.



# Isômeros dos monossacarídeos

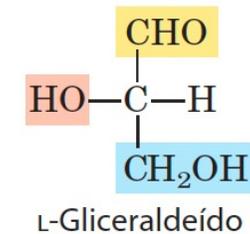
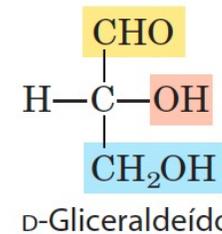
Gliceraldeído, o monossacarídeo mais simples que possui centro quiral, foi adotado como referência.



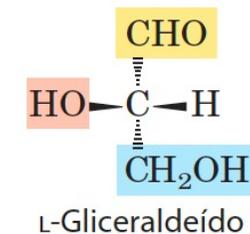
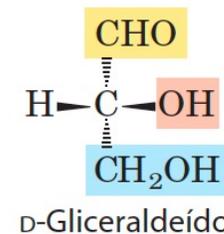
Isômero D

Modelos em esfera e bastão

Isômero L



Fórmulas de projeção de Fischer



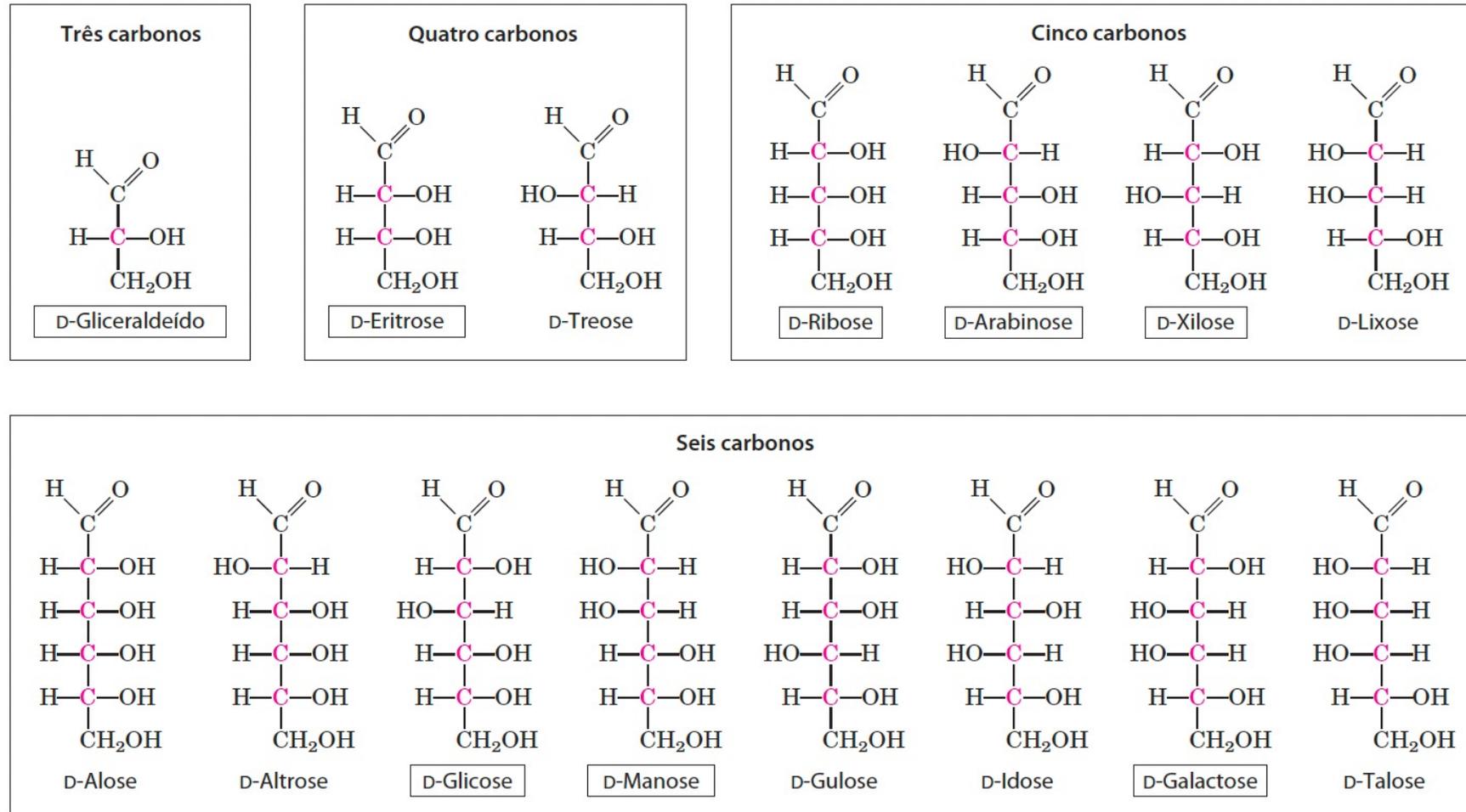
Fórmulas em perspectiva

# Classificação dos isômeros

- **Numero de estereoisômeros =  $2^n$ , onde  $n$  = numero de centros quirais.**
- **Na natureza, seleção de isômeros D, definidos em base a configuração do centro quiral mais distante do carbono carbonílico.**

## Aldoses

(a) D-Aldoses



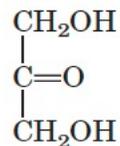
# Classificação dos isômeros

- Numero de estereoisômeros =  $2^n$ , onde  $n$  = numero de centros quirais.
- Na natureza, seleção de isômeros D, definidos em base a configuração do centro quiral mais distante do carbono carbonílico.

## Cetoses (adiciona 'ul' no nome)

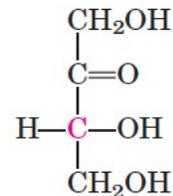
(b) D-Cetoses

Três carbonos



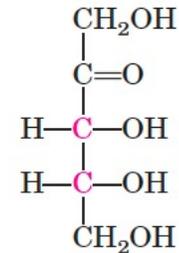
Di-hidroxiacetona

Quatro carbonos

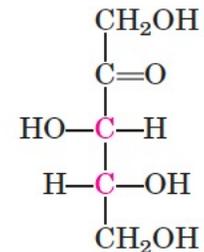


D-Eritrulose

Cinco carbonos

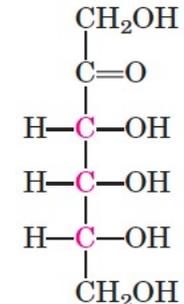


D-Ribulose

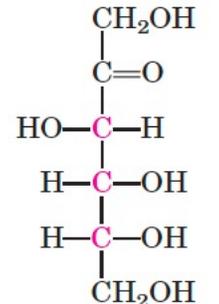


D-Xilulose

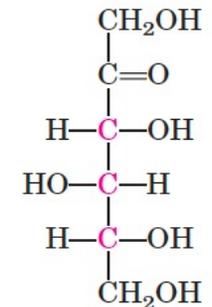
Seis carbonos



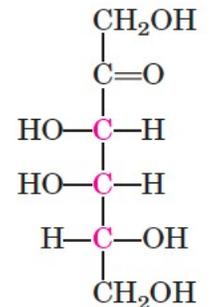
D-Psicose



D-Frutose



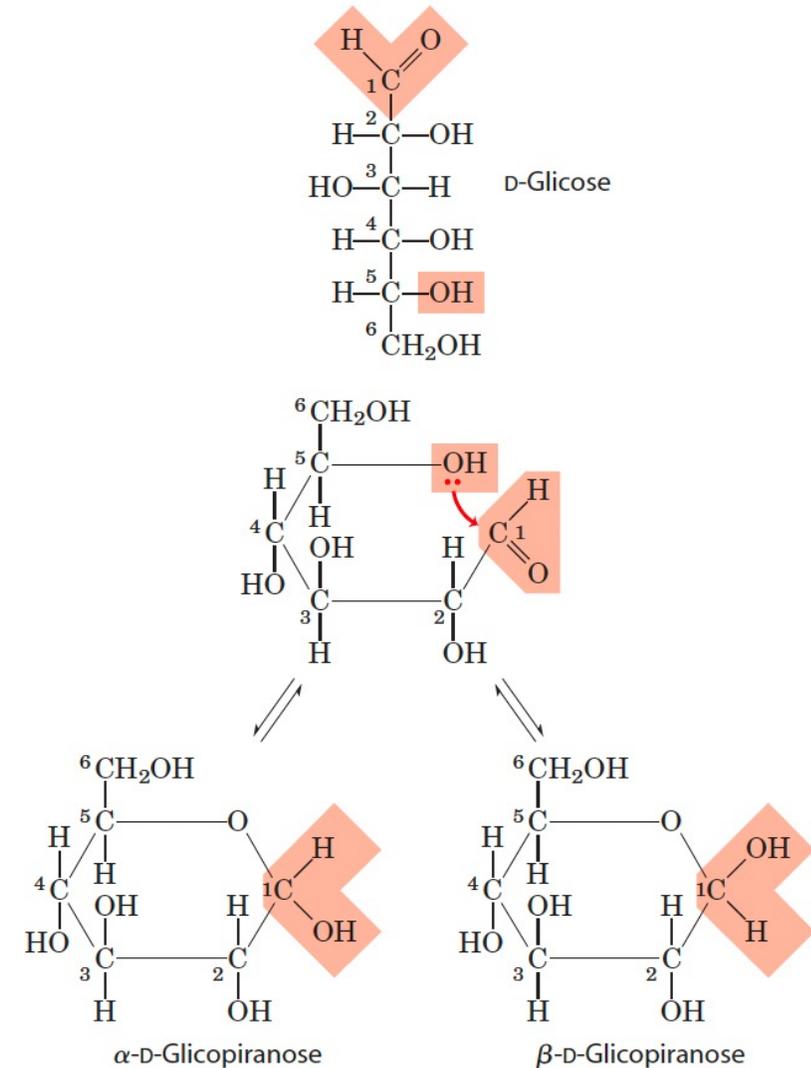
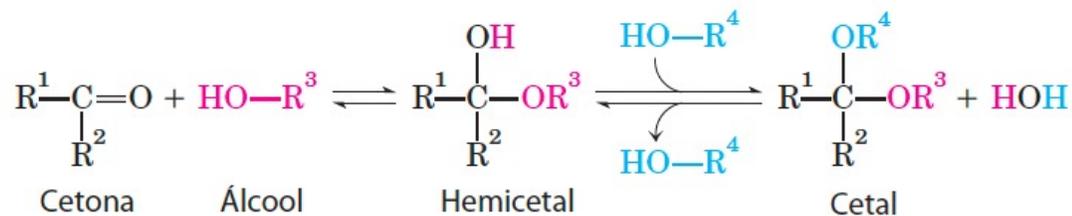
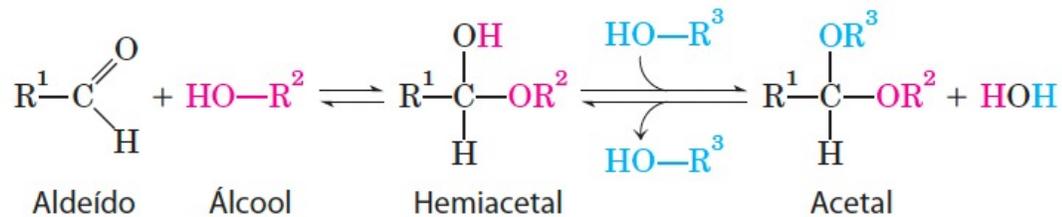
D-Sorbose



D-Tagatose

# Os monossacarídeos possuem estrutura cíclica

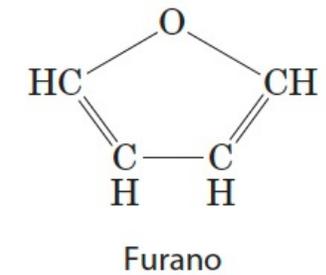
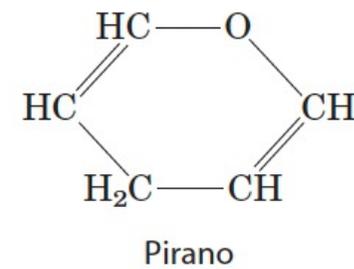
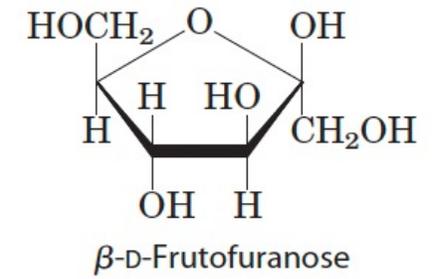
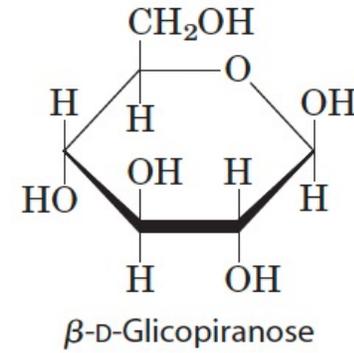
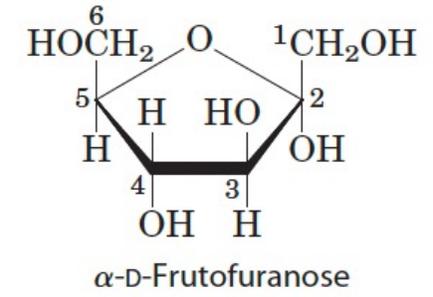
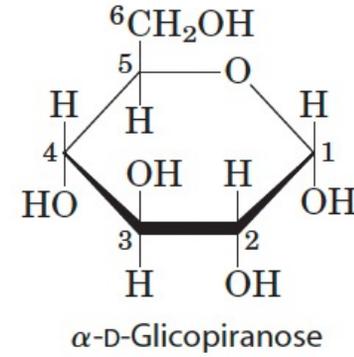
- Formado pela reação do grupo carbonila com um álcool, gerando hemiacetais ou hemicetais.
- Formação de um novo centro quiral no carbono carbonílico, que passa a ser designado carbono anomérico.



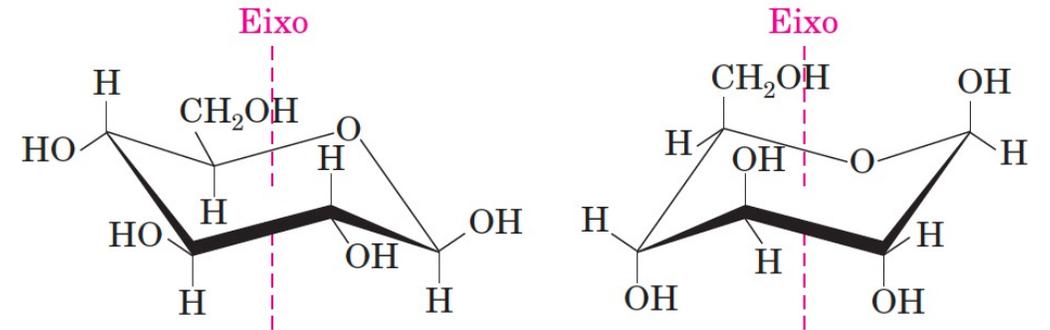
# Piranoses e Furanoses

Pirano

Furano

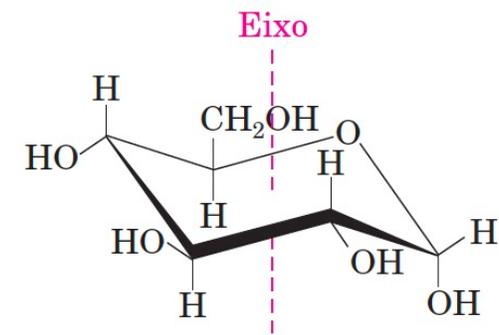


# Estruturas cíclicas assumem conformação em cadeira



Duas possíveis formas em cadeira da  $\beta$ -D-glicopirranose

(a)

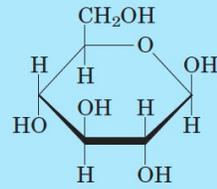


$\alpha$ -D-Glicopirranose

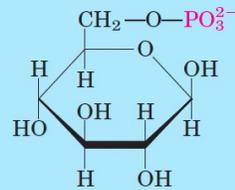
(b)

# Derivados dos monossacarídeos

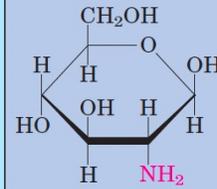
## Família da glicose



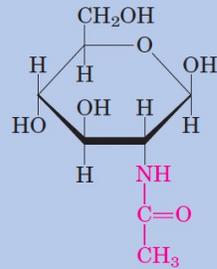
$\beta$ -D-Glicose



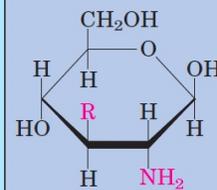
$\beta$ -D-Glicose-6-fosfato



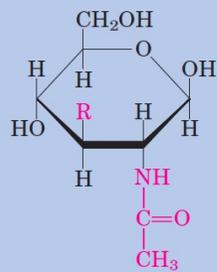
$\beta$ -D-Glicosamina



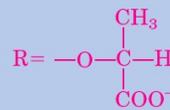
*N*-Acetil- $\beta$ -D-glicosamina



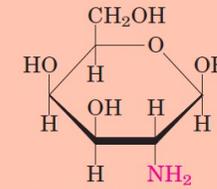
Ácido murâmico



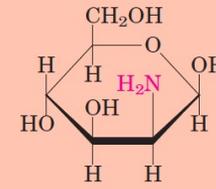
Ácido *N*-acetilmurâmico



## Aminoaçúcares

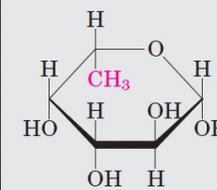


$\beta$ -D-Galactosamina

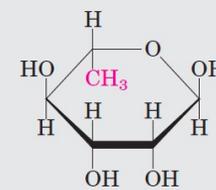


$\beta$ -D-Manosamina

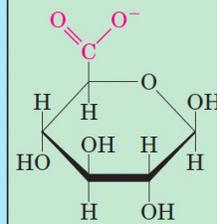
## Desoxiaçúcares



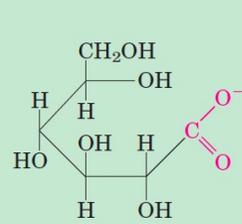
$\beta$ -L-Fucose



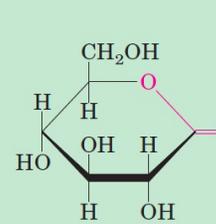
$\alpha$ -L-Ramnose



$\beta$ -D-Glicuronato

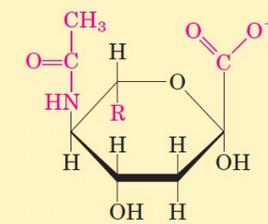


D-Gliconato

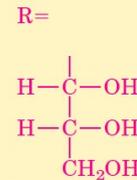


D-Glicono- $\delta$ -lactona

## Açúcares ácidos

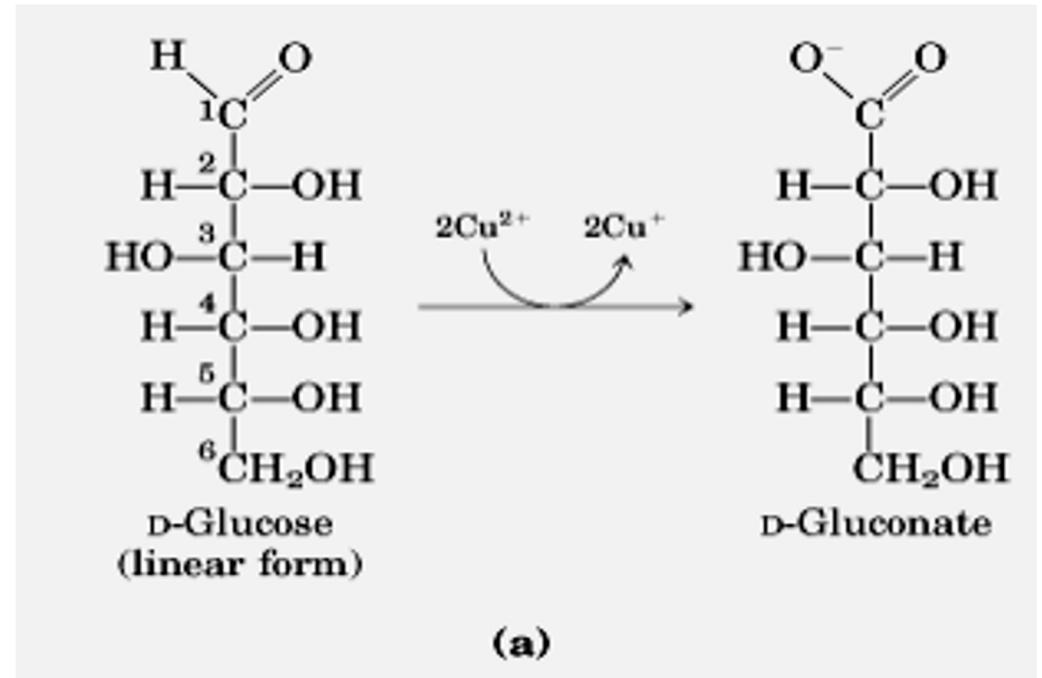


Ácido *N*-acetilneuramínico  
(ácido siálico)



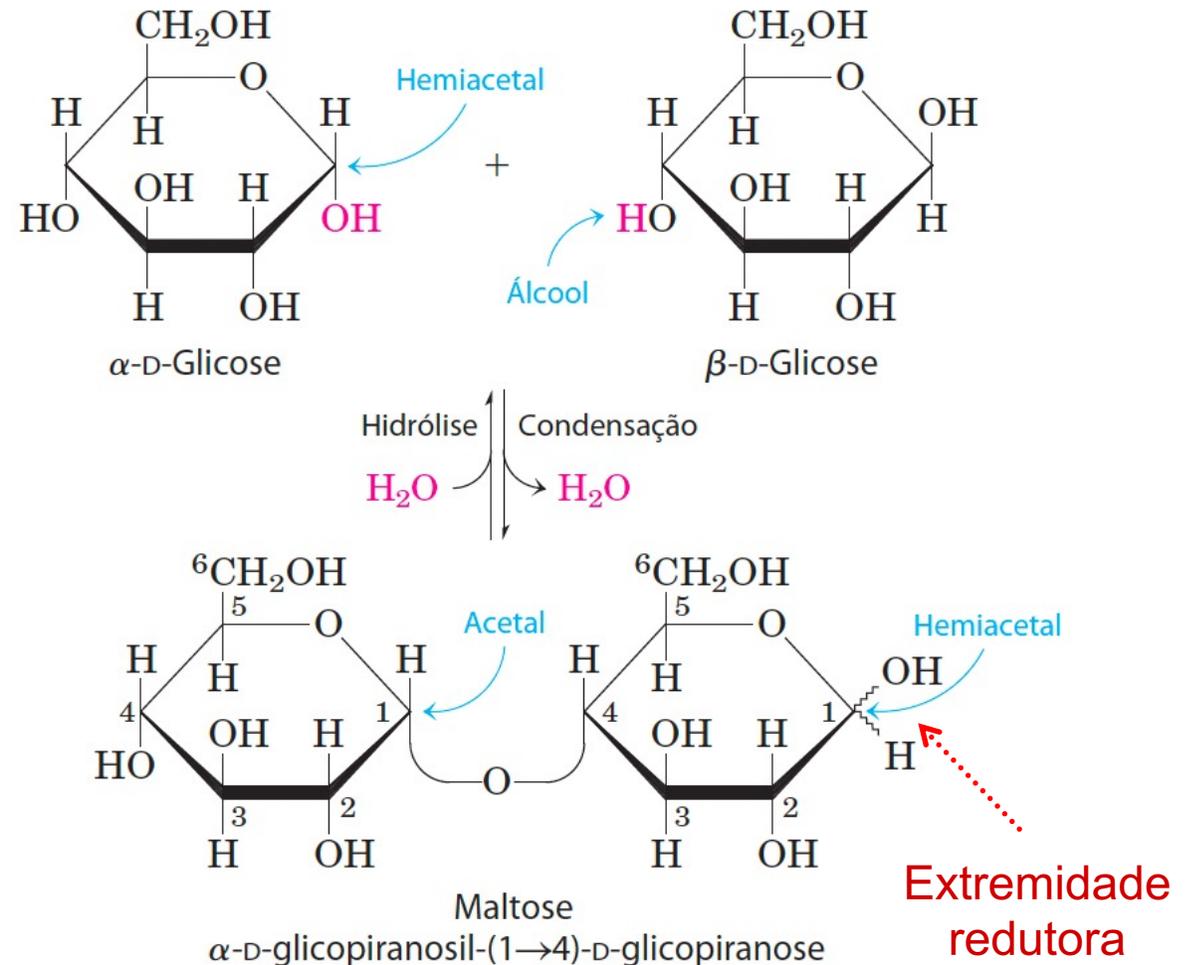
# Açúcares redutores

- Aldeído redutor, quando a molécula se encontra na forma linear.



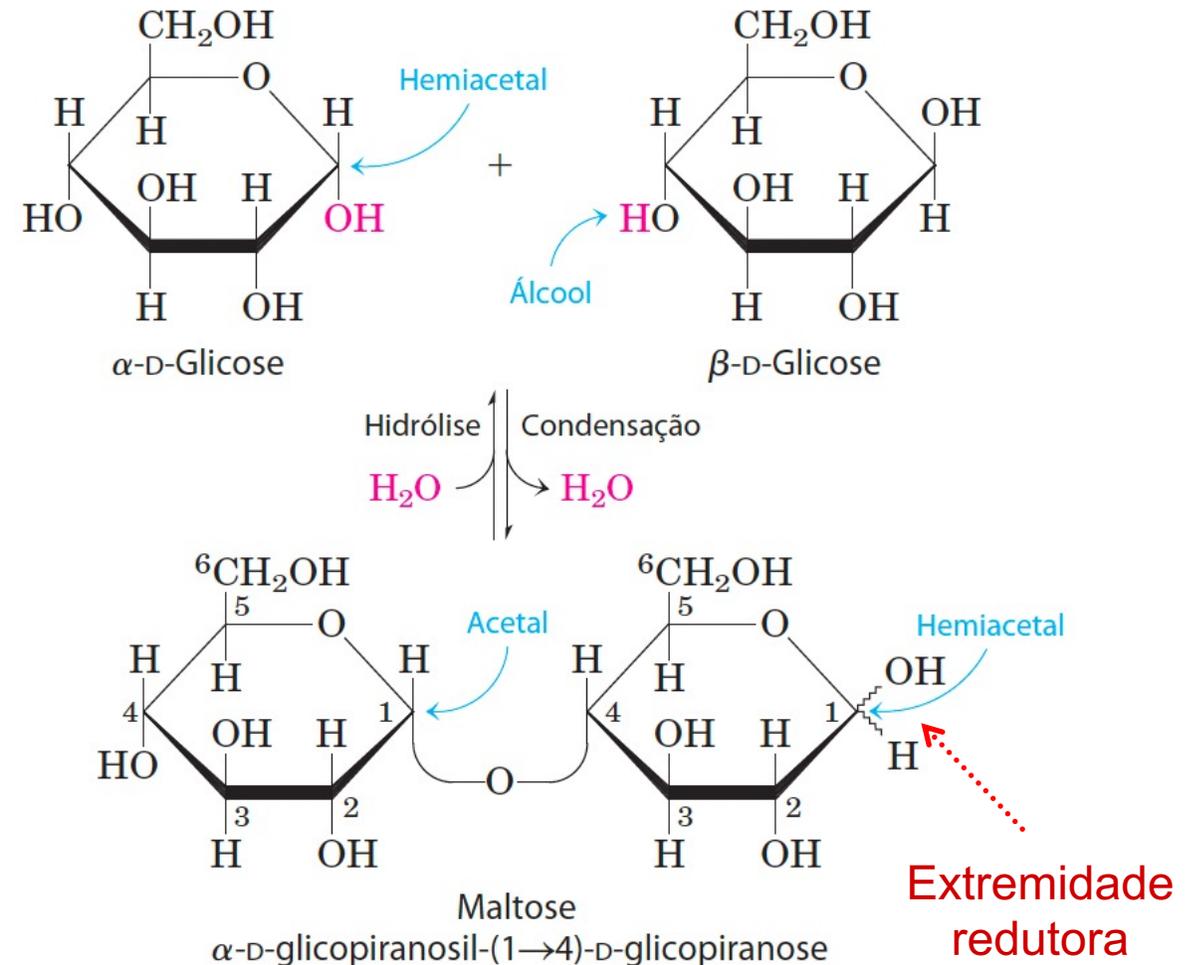
# Formação de polímeros

- Dois monossacarídeos podem reagir formando uma ligação covalente denominada **ligação O-glicosídica**, processo que envolve o ataque de um grupo hidroxila de um monossacarídeo, normalmente cíclico, no carbono anomérico de outro.
- **Nomenclatura lista os resíduos de sacarídeos em ordem e os carbonos envolvidos na ligação glicosídica.**



# Formação de polímeros

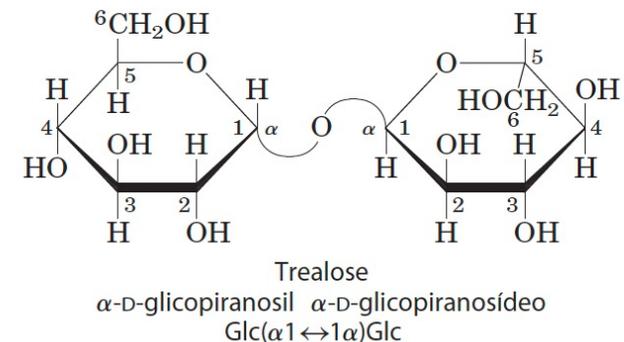
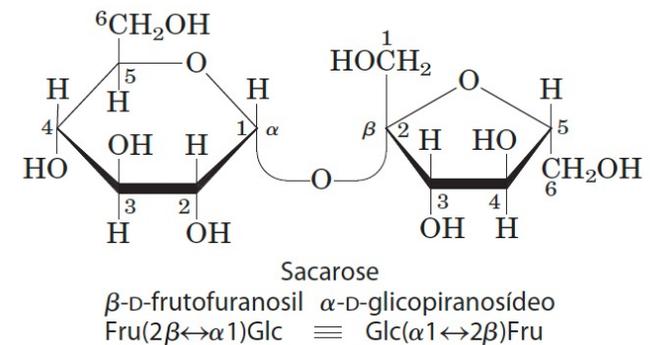
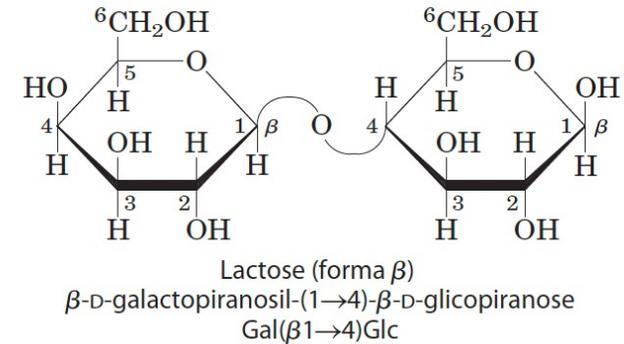
- Dois monossacarídeos podem reagir formando uma ligação covalente denominada ligação O-glicosídica, processo que envolve o ataque de um grupo hidroxila de um monossacarídeo, normalmente cíclico, no carbono anomérico de outro.



**Maltose: um dissacarídeo redutor**

# Formação de polímeros

- Dois monossacarídeos podem reagir formando uma ligação covalente denominada ligação O-glicosídica, processo que envolve o ataque de um grupo hidroxila de um monossacarídeo, normalmente cíclico, no carbono anomérico de outro.



**Outros dissacarídeos:  
A sacarose e trealose são  
dissacarídeos não redutores.**

# Polissacarídeos

- **Polímeros de muitas unidades de monossacarídeos.**
- **Diferem uns dos outros na identidade das unidades de monossacarídeos repetidas, no comprimento das cadeias, nos tipos de ligações unindo as unidades e no grau de ramificação.**
- **Compõe reservas energéticas ou elementos estruturais (parede celular de bactérias, matriz extracelular).**

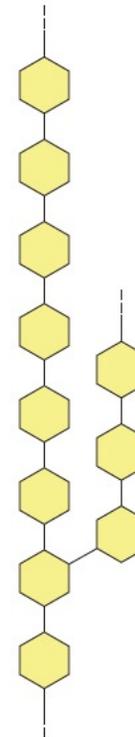
## Homopolissacarídeos

### Homopolissacarídeos

Não ramificado



Ramificado



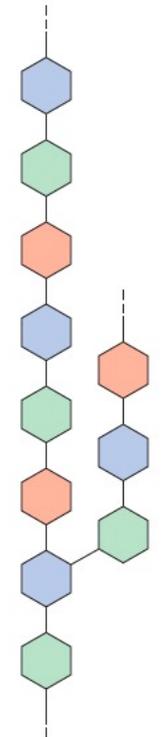
## Heteropolissacarídeos

### Heteropolissacarídeos

Dois tipos de monômeros, não ramificado



Múltiplos tipos de monômeros, ramificado

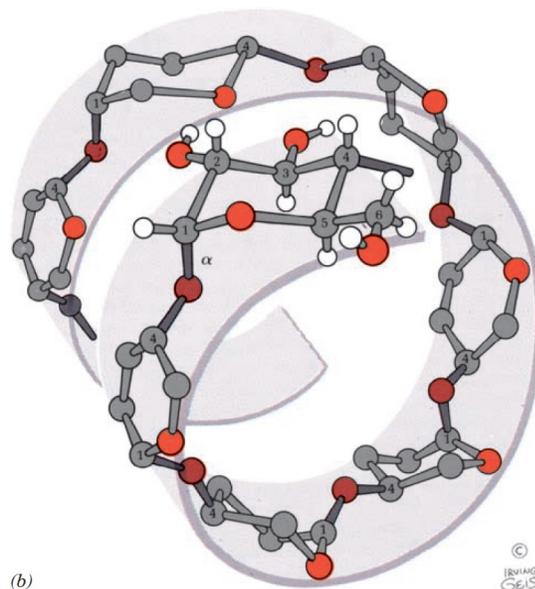
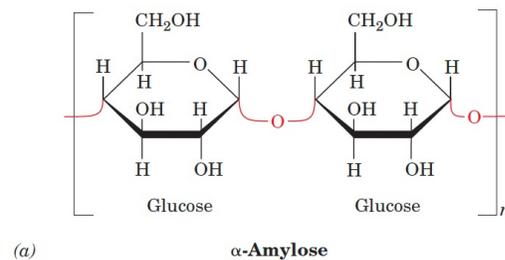


# Amido

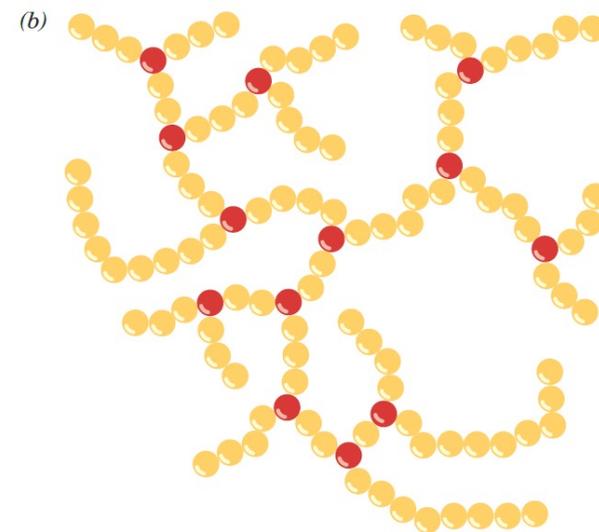
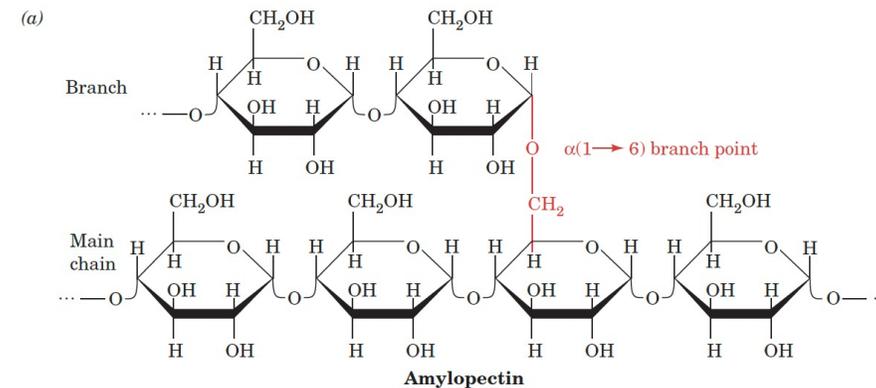
- Reserva de energia em vegetais, formado por dois polímeros, amilose e amilopectina.

- A amilose é linear (ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$ ), enquanto a amilopectina ramificada (ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$  e  $\alpha(1\rightarrow6)$ ) a cada 24-30 resíduos.

## Amilose

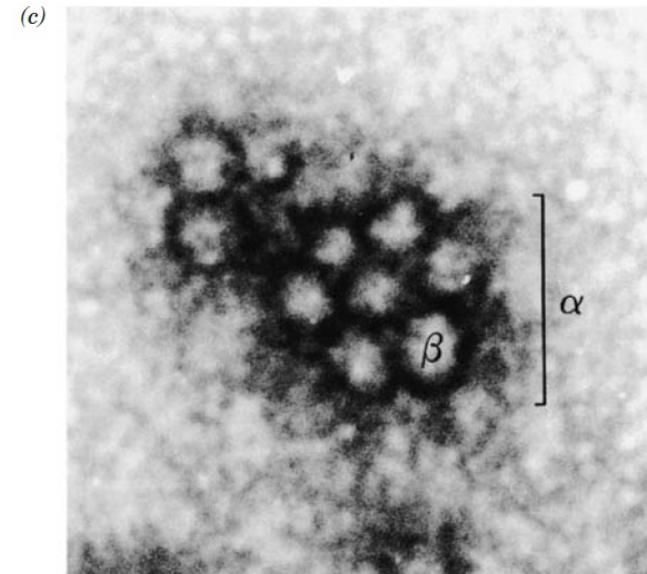
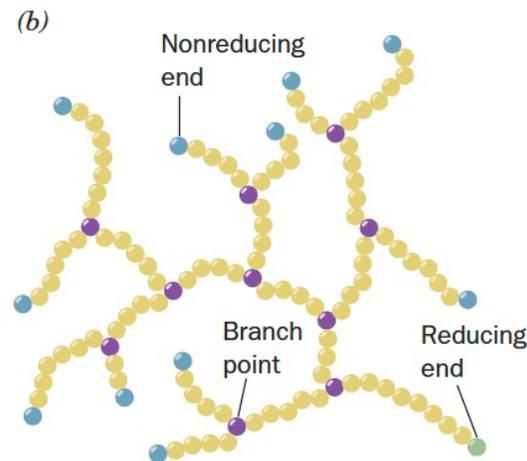
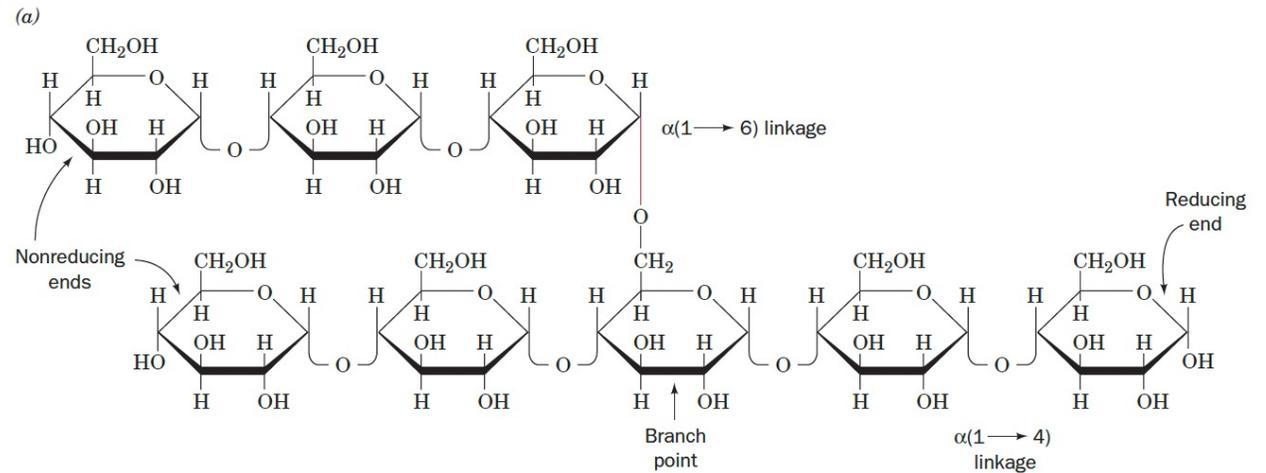


## Amilopectina



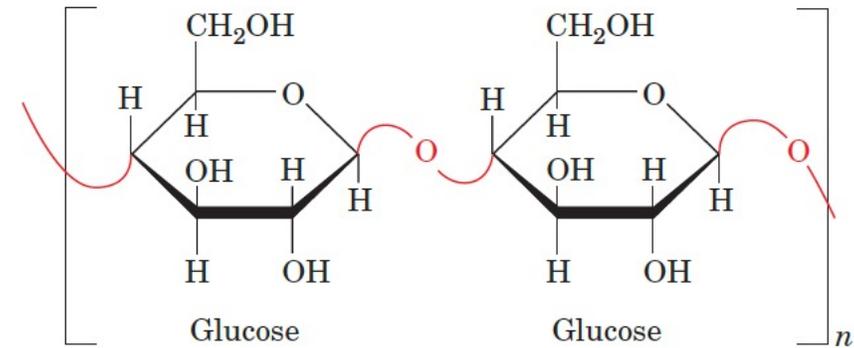
# Glicogênio

- Reserva de energia em animais.
- Como a amilopectina, possui estrutura ramificada (ligações  $\alpha(1\rightarrow4)$  e  $\alpha(1\rightarrow6)$ ), mas a cada 8-12 resíduos.
- Alta concentração no fígado, também presente no músculo esquelético.
- Armazenamento da glicose como polímero evita problema de pressão osmótica e transporte contra um alto gradiente de concentração. A estrutura ramificada permite mobilizar glicose rapidamente.

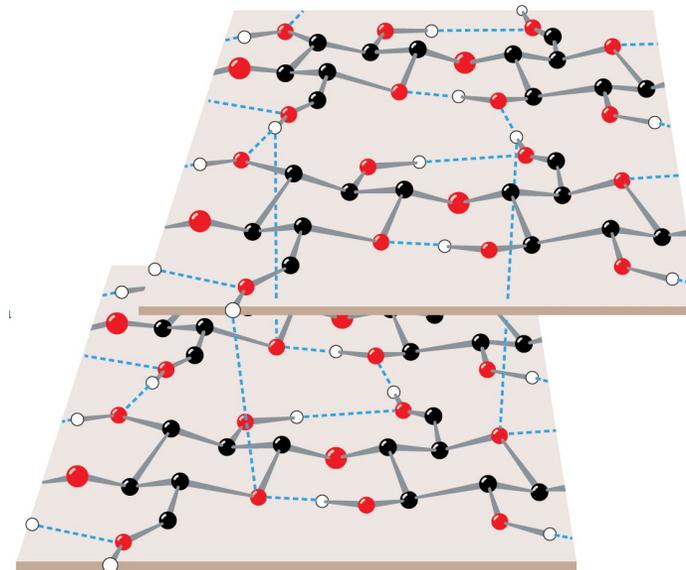


# Celulose

- **Papel estrutural em plantas.**
- **Como a amilose, corresponde a um polímero de glicose com estrutura linear, porém as ligações são do tipo  $\beta(1\rightarrow4)$ .**
- **Invertebrados e microrganismos, alguns presentes no trato digestivo de ruminantes, podem digerir celulose através da celulase.**
- **Celulase é de interesse biotecnológico, para aproveitamento da biomassa como combustível.**

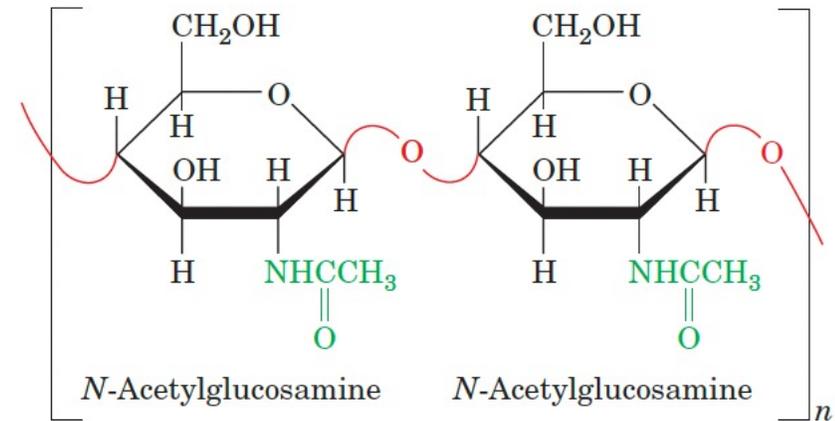


Cellulose



# Quitina

- **Papel estrutural no exoesqueleto de artrópodes.**
- **Como a celulose, corresponde a um polímero com estrutura linear contendo ligações do tipo  $\beta(1\rightarrow4)$ , mas entre resíduos de N-acetilglicosamina.**



**Chitin**



# Resumo dos principais polissacarídeos

**TABELA 7-2** Estruturas e funções de alguns polissacarídeos

Polímero	Tipo*	Unidade repetida <sup>†</sup>	Tamanho (número de unidades monossacarídicas)	Função/importância
Amido				
Amilose	Homo-	( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc, linear	50-5.000	Armazenamento de energia: em plantas
Amilopectina	Homo-	( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc, com ramificações ( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 6)Glc a cada 24-30 resíduos	Até 10 <sup>6</sup>	
Glicogênio	Homo-	( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc, com ramificações ( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 6)Glc a cada 8 a 12 resíduos	Até 50.000	Armazenamento de energia: em células bacterianas e animais
Celulose	Homo-	( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc	Até 15.000	Estrutural: em plantas, garante rigidez e força às paredes celulares
Quitina	Homo-	( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)GlcNAc	Muito grande	Estrutural: em insetos, aranhas e crustáceos, garante rigidez e força ao citoesqueleto
Dextrana	Homo-	( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 6)Glc, com ramificações ( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 3)	Vários tamanhos	Estrutural: em bactérias, adesão extracelular
Peptidoglicano	Hetero-; ligado a peptídeos	4)Mur2Ac( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)GlcNAc( $\beta$ 1	Muito grande	Estrutural: em bactérias, garante rigidez e força ao envelope celular
Agarose	Hetero-	3)D-Gal( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)3,6-anidro-L-Gal( $\alpha$ 1	1.000	Estrutural: em algas, material da parede celular
Ácido hialurônico (glicosaminoglicano)	Hetero-; ácido	4)GlcA( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 3)GlcNAc( $\beta$ 1	Até 100.000	Estrutural: em vertebrados, na matriz extracelular da pele e do tecido conectivo; viscosidade e lubrificação em articulações

# Problemas

- 1. Liste diferentes funções biológicas de carboidratos, e dê exemplos de moléculas que exercem estas funções.**
- 2. Desenhe as estruturas lineares e cíclicas da D-glicose e D-frutose, indicando os carbonos quirais e anoméricos. Classifique estes açúcares de acordo com seu tamanho, características químicas e estruturais.**
- 3. A D-glicose em sua forma cíclica (a forma sanguínea predominante) não é um açúcar redutor. Explique porque, e faça uma hipótese para indicar como é possível determinar a glicemia através da capacidade redutora da D-glicose.**
- 4. Explique como foi realizada a medida de hidrólise de sacarose na aula prática de enzimas a partir do conhecimento adquirido sobre a estrutura e reatividade química da sacarose, glicose e frutose.**
- 5. Descreva a estrutura do glicogênio e indique porque é vantajoso armazenar glicose nesta forma.**

# Bibliografia

- **Donald Voet e Judith G. Voet, Biochemistry, 4<sup>th</sup> edition.**
- **David L. Nelson e Michael M. Cox, Princípios de Bioquímica de Lehninger, 6<sup>a</sup> edição.**
- **Bruce Alberts, Biologia Molecular da Célula, 6<sup>a</sup> edição.**