

**Universidade Estadual do Rio Grande do Sul**  
**Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental**  
**Componente curricular: BIOLOGIA GERAL**

Professor Antônio Ruas

**Aula 4**

**•1. Temas:**

- Macromoléculas celulares
- Produção de energia
- Fotossíntese
- 

**•2. Questões:**

- 1. Como os ácidos nucleicos se apresentam na célula?
- 2. Quais são as etapas da respiração celular, onde ocorrem e qual o rendimento em ATPs formados em cada etapa?
- 3. Quais as fases da fotossíntese e onde ocorrem?
- 4. Quais as principais moléculas formadas na fase clara?
- 5. Qual o resultado da fase escura?

- **2. As moléculas da vida.**
- Componentes químicos principais dos seres vivos e suas estruturas químicas: bases moleculares da constituição celular
- Glicídios, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. Estrutura do DNA e do RNA.

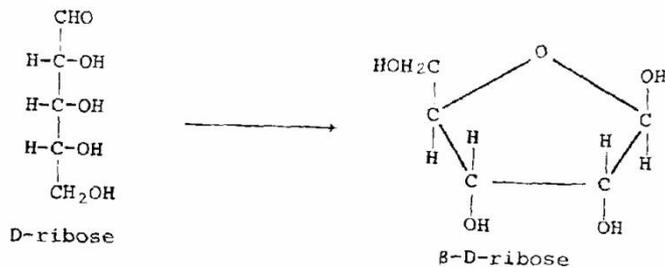
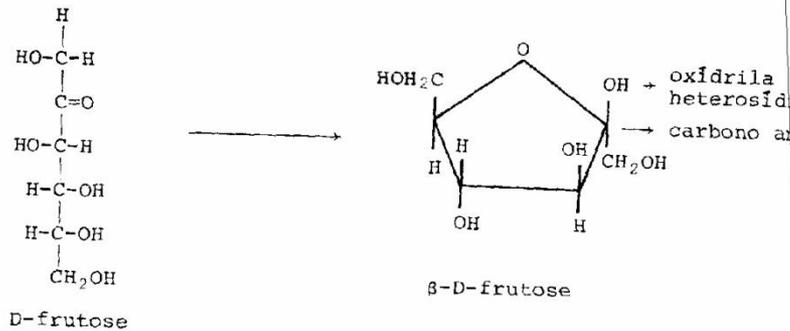
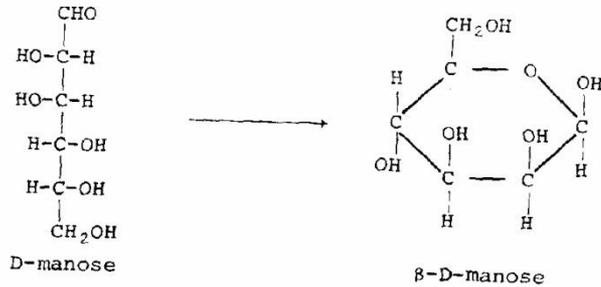
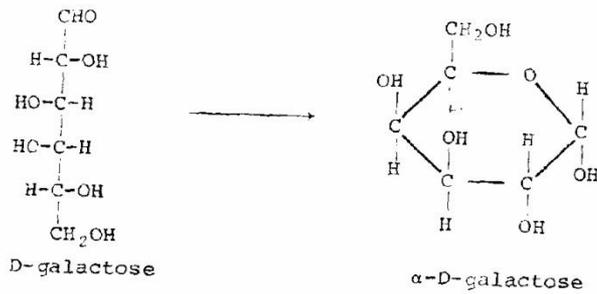
**Tabela 2: Composição química aproximada de uma bactéria típica e uma célula típica de mamífero**

<b>Componente</b>	<b>Bactéria - <i>E. coli</i></b>	<b>Célula de mamífero</b>
Água	70 %	70 %
Íons Inorgânicos (Na, K, Mg, Ca, Cl, etc.)	1 %	1 %
Pequenos Metabólitos	3 %	3 %
Proteínas	15 %	18 %
RNA	6 %	1,1 %
DNA	1 %	0,25 %
Fosfolipídios	2 %	3 %
Outros Lipídios	---	2 %
Polissacarídeos	2 %	2 %
Volume total da Célula	$2 \times 10^{-12}$ cm cúbicos	$4 \times 10^{-9}$ cm cúbicos
Volume Relativo da Célula	1	2000

## • 2.1 Polissacarídeos:

- Polímeros de monossacarídeos ou oses.

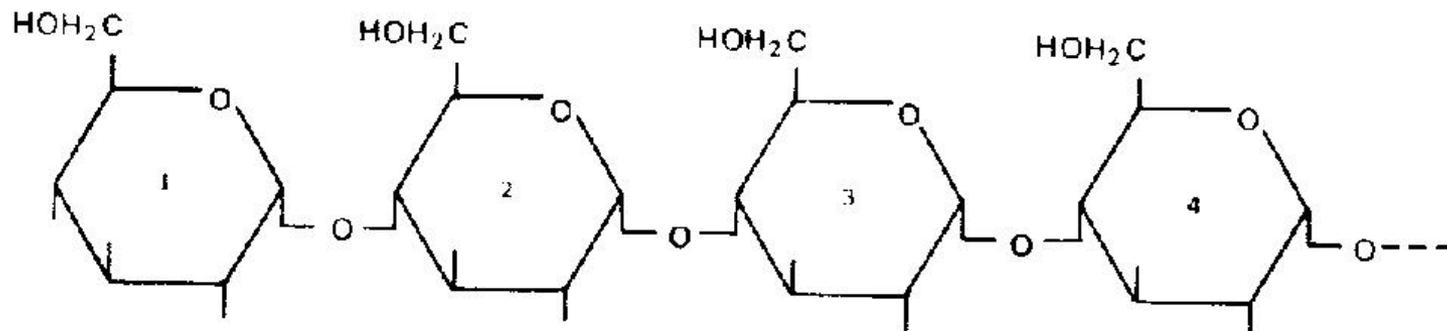
- Substâncias de reserva e constituintes estruturais.



## •2.1 Polissacarídeos:

- Amido: substância de reserva nas células vegetais.
- Glicogênio: substância de reserva nas células animais.

Sejam vistas no metabolismo dos glicídios, são exemplos de homopoliosídeos.



Porção da estrutura de um homopoliosídeo (amido).

## •2.1 Polissacarídeos:

### Estrutura do glicogênio.

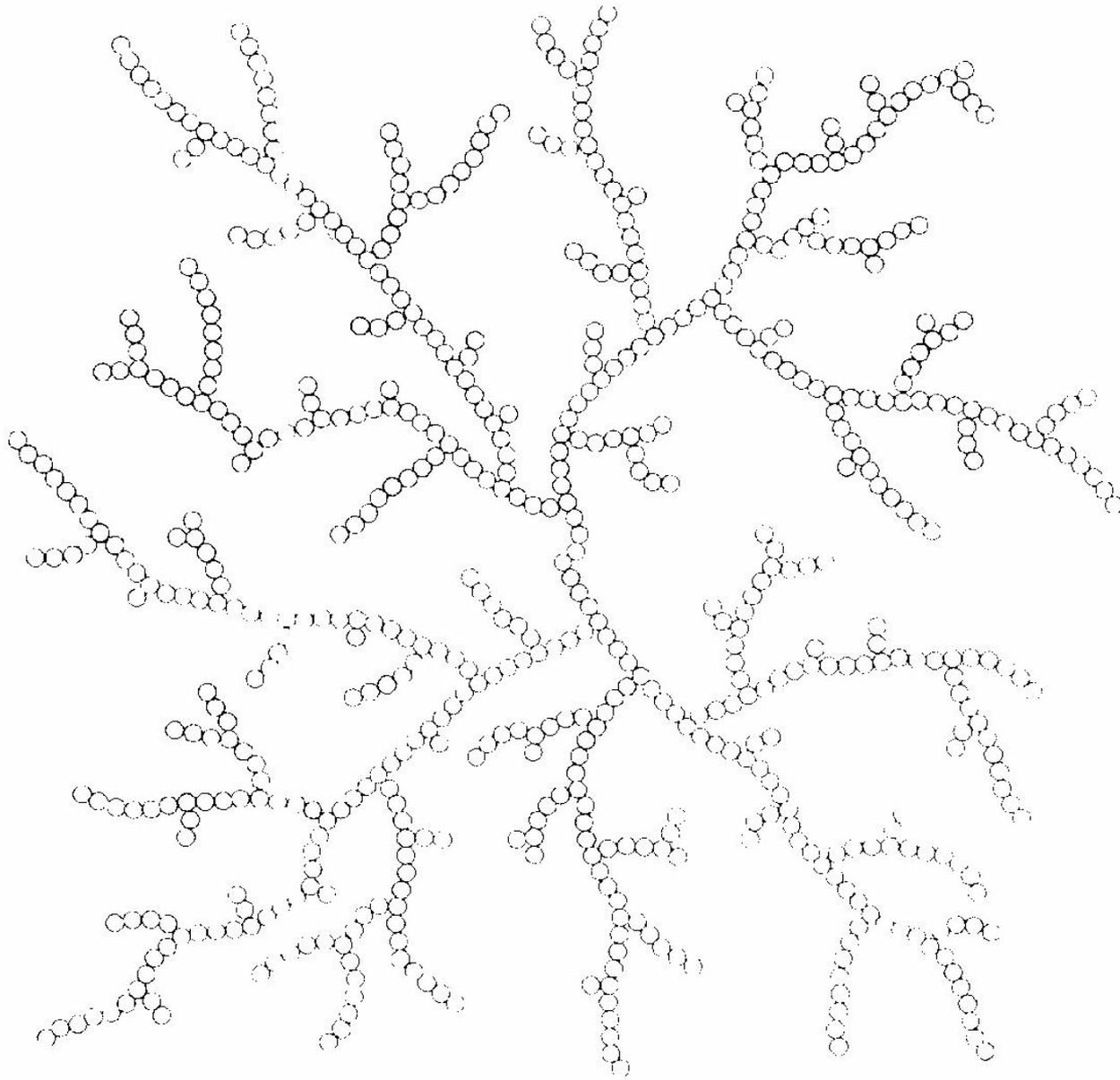
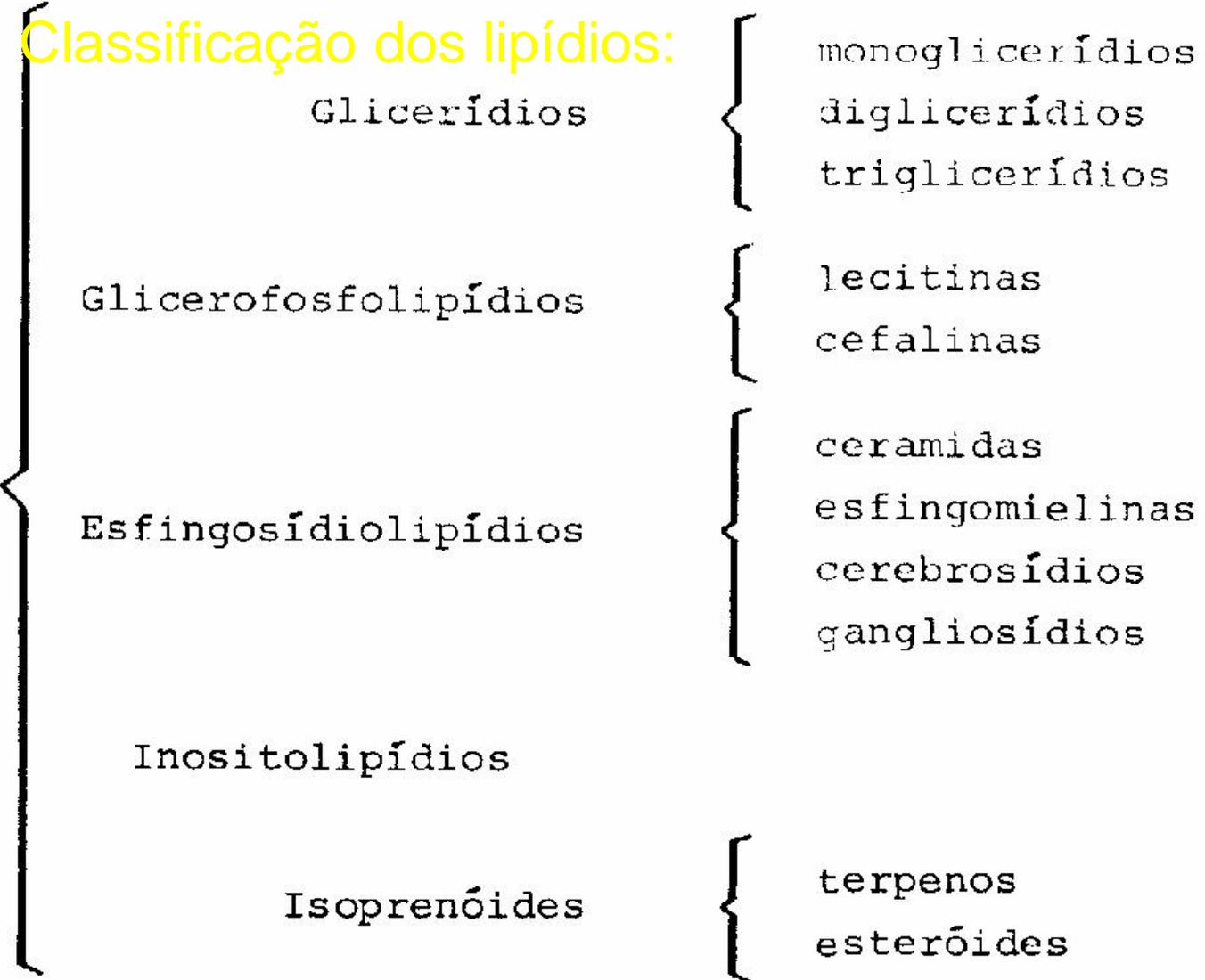


Fig. 3.31. *Esquema plano da molécula de glicogênio que, na realidade, ramifica-se em três dimensões. Cada círculo representa um resíduo de glicose.*

na classificação geral dos lipídios.  
• 2.2 Lipídios: substâncias estruturais nas membranas celulares e de reserva. Classificação dos lipídios:

a

LIPÍDIOS

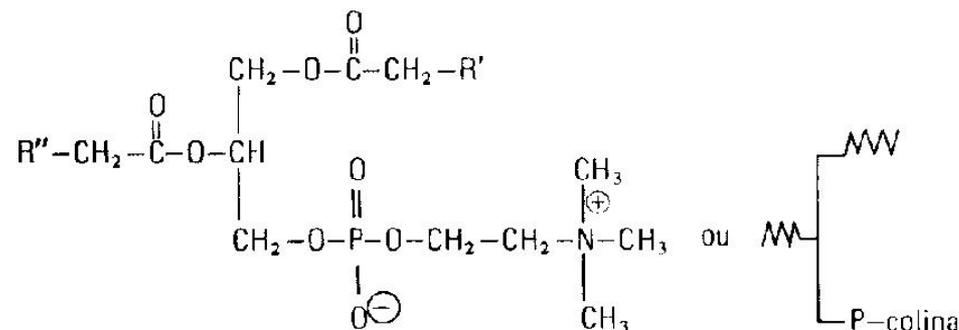


Pe

Glicerofosfolipídios são lipídios constituídos de uma molécula de glicerol, cujas oxidrilas estão esterificadas por 1 ou 2 ácidos graxos e por um ácido fosfórico que se liga a um derivado nitrogenado.

São agrupados de acordo com o número de ácidos graxos e com o tipo de composto nitrogenado envolvido.

Lecitinas - são glicerofosfolipídios que contêm na molécula dois resíduos de ácidos graxos e, como derivado nitrogenado, a colina (base nitrogenada).



L- $\alpha$  - fosfatidilcolina ou lecitina

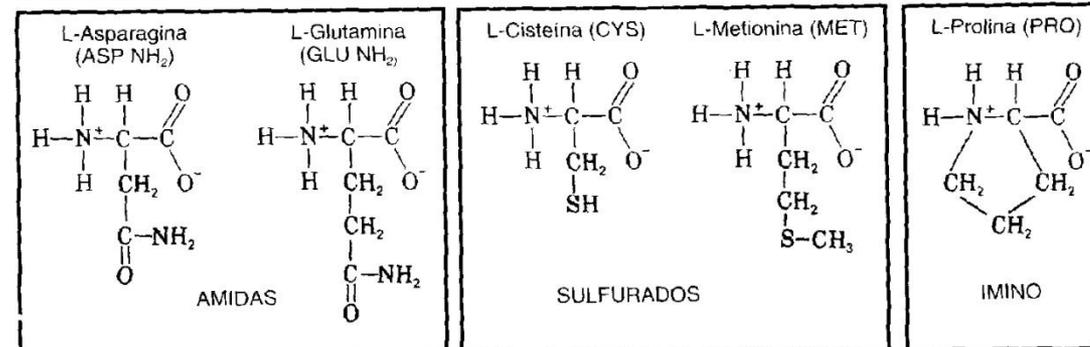
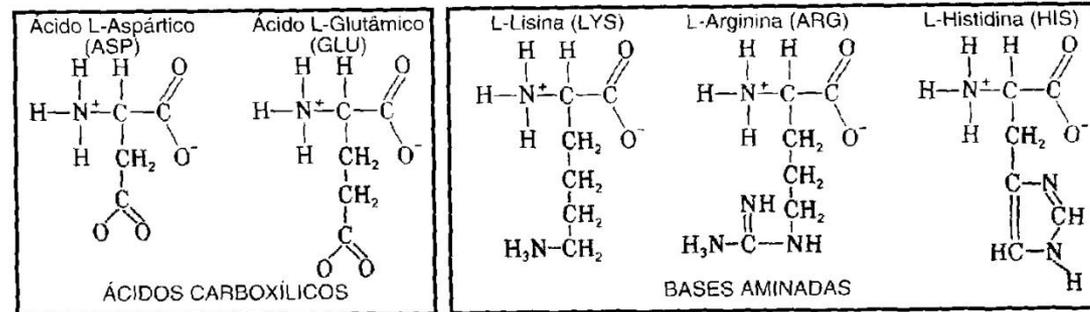
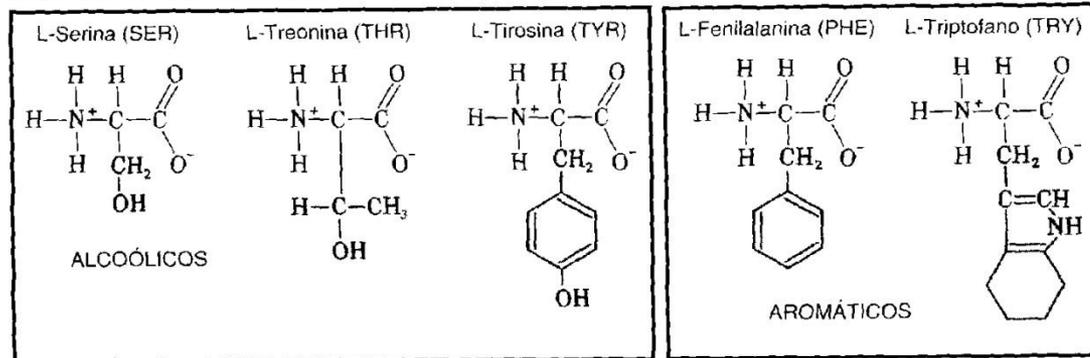
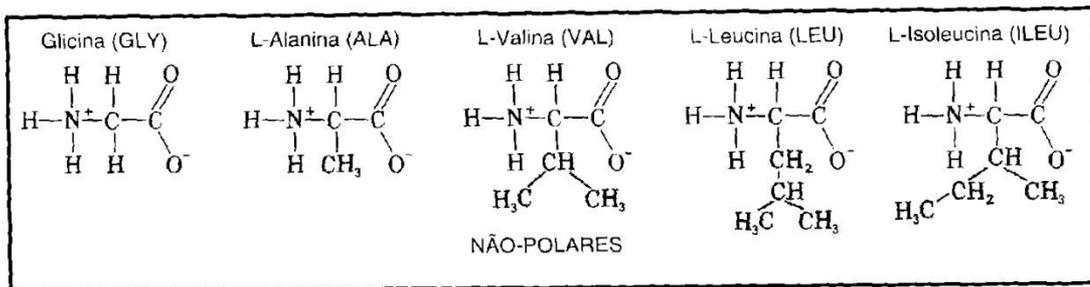
## 2.2 Lipídios:

- Fosfolipídios e glicerofosfolipídios.

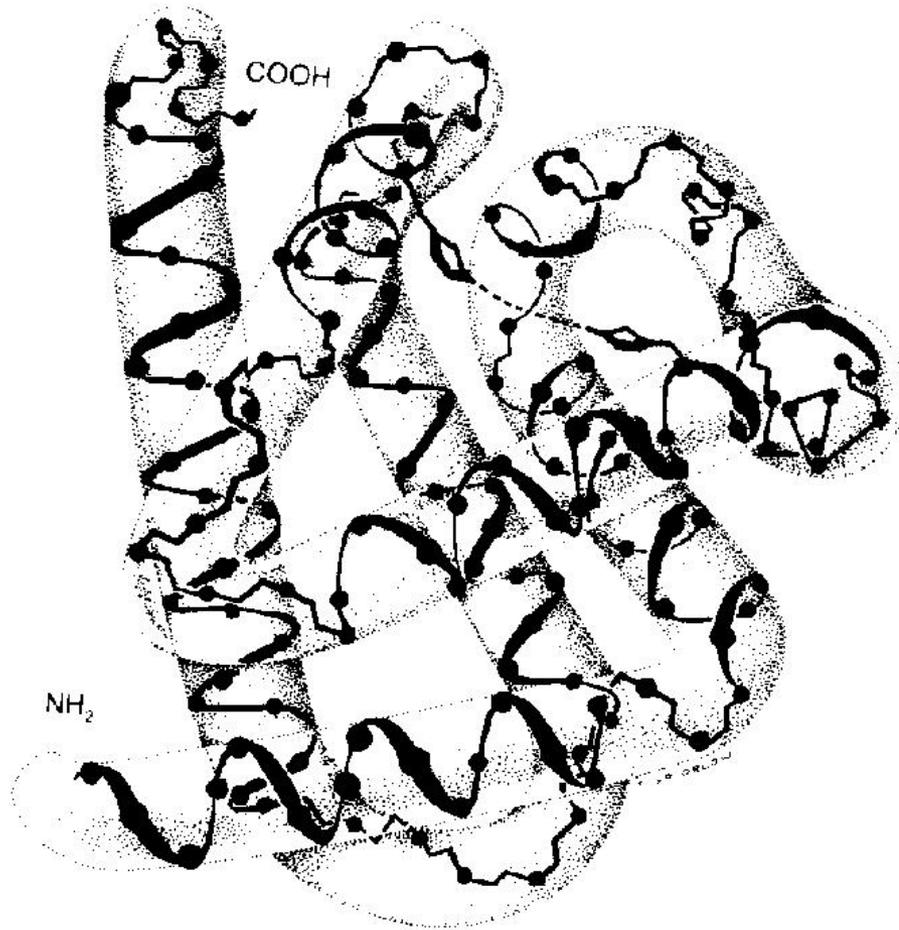
## • 2.3 Proteínas.

- As proteínas são polímeros de aminoácidos. As moléculas apresentam 4 níveis de organização: primário, secundário, terciário e quaternário.
- Podem ser conjugadas, com grupo prostético.
- Constituem-se em enzimas, moléculas com funções variadas e estruturais.
- Aminoácidos não essenciais são sintetizados nas células eucariontes: Alanina, Asparagina, Aspartato, Glutamato, Glutamina, Glicina, Serina, Prolina, Tirosina, Arginina, Cisteína.
- Aminoácidos essenciais: Histidina\*, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptofano, Valina.
- \* essencial em alguns casos

# • 2.3 Proteínas.



## 2.3 Proteínas.



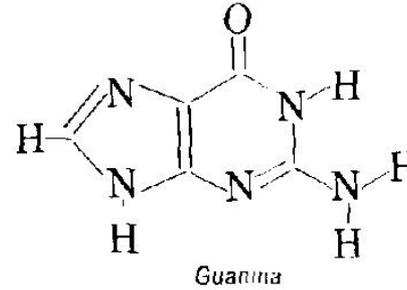
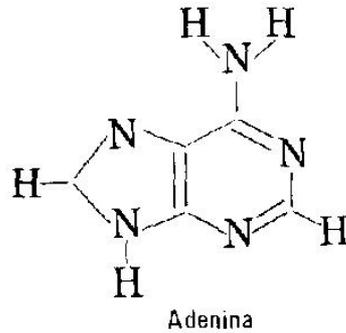
**Fig. 3.7** Desenho esquematizando as estruturas primária, secundária e terciária de uma proteína. Na fita negra estão representados os resíduos aminoácidos (estrutura primária) e a hélice formada por eles (estrutura secundária). As dobras da molécula, demonstradas por seu contorno externo, em pontilhado fino, constituem a estrutura terciária.

DNA

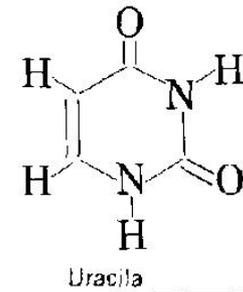
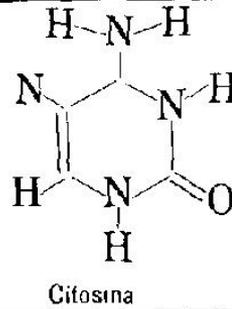
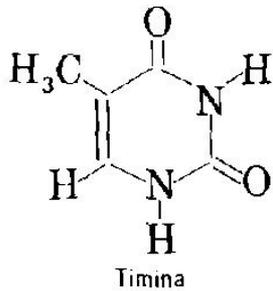
DNA e RNA

RNA

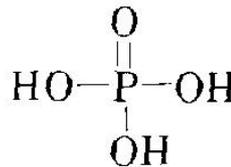
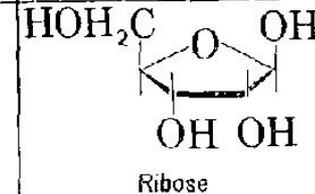
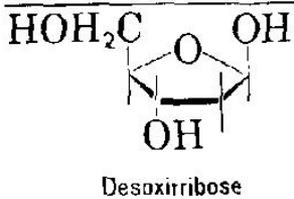
Purinas



Pyrimidinas



Pentoses



Bases púricas  
e pirimídicas.

FIG. 3.16. Componentes dos ácidos nucleicos (RNA e DNA).

- 2.4 Ácidos nucleicos (DNA e RNA): polímeros de nucleotídeos.

## CONSTITUIÇÃO MOLECULAR

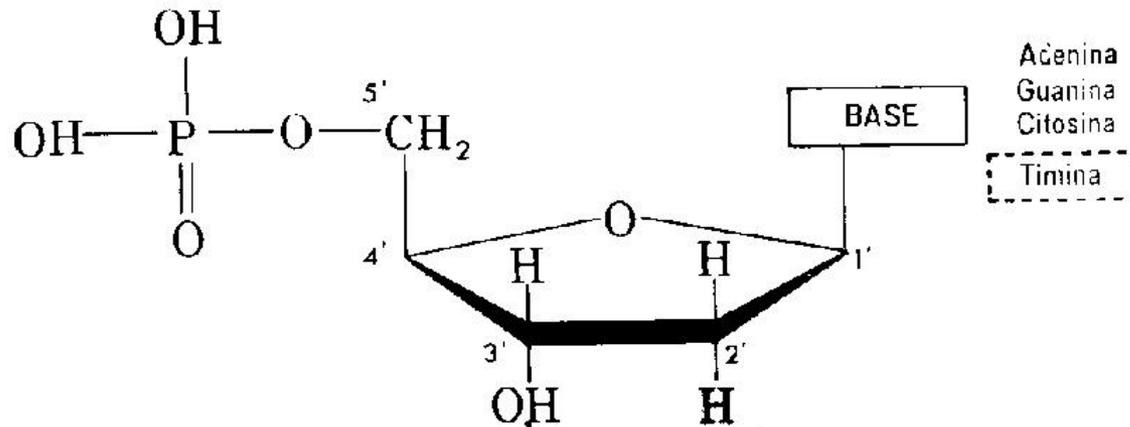
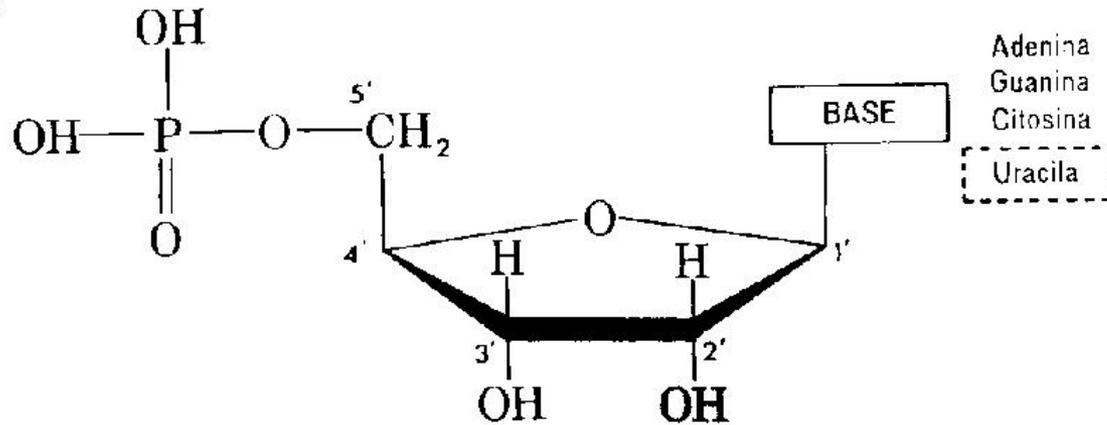


FIG. 3.17. Nucleótidos do RNA e do DNA. As bases diferentes (uracila e timina) estão assinaladas. No carbono 2', a desoxirribose possui um átomo de oxigênio a menos (observar os retângulos cinza).

- 2.4 Ácidos nucleicos (DNA e RNA): polímeros de nucleotídeos.

- 2.4 Ácidos nucleicos (DNA e RNA): polímeros de nucleotídeos.

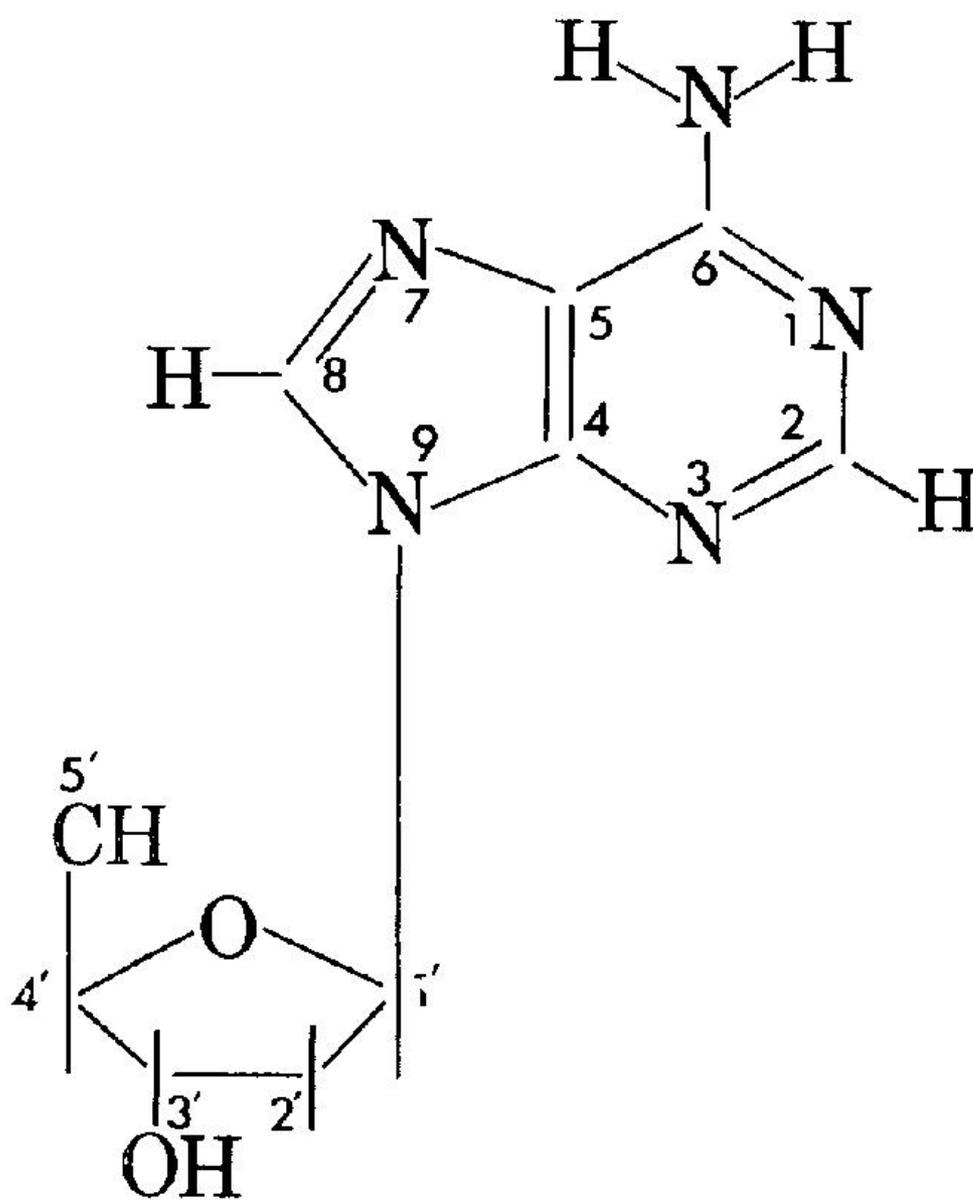


FIG. 3.18. Nucleósido constituído pela adenina combinada à desoxirribose.

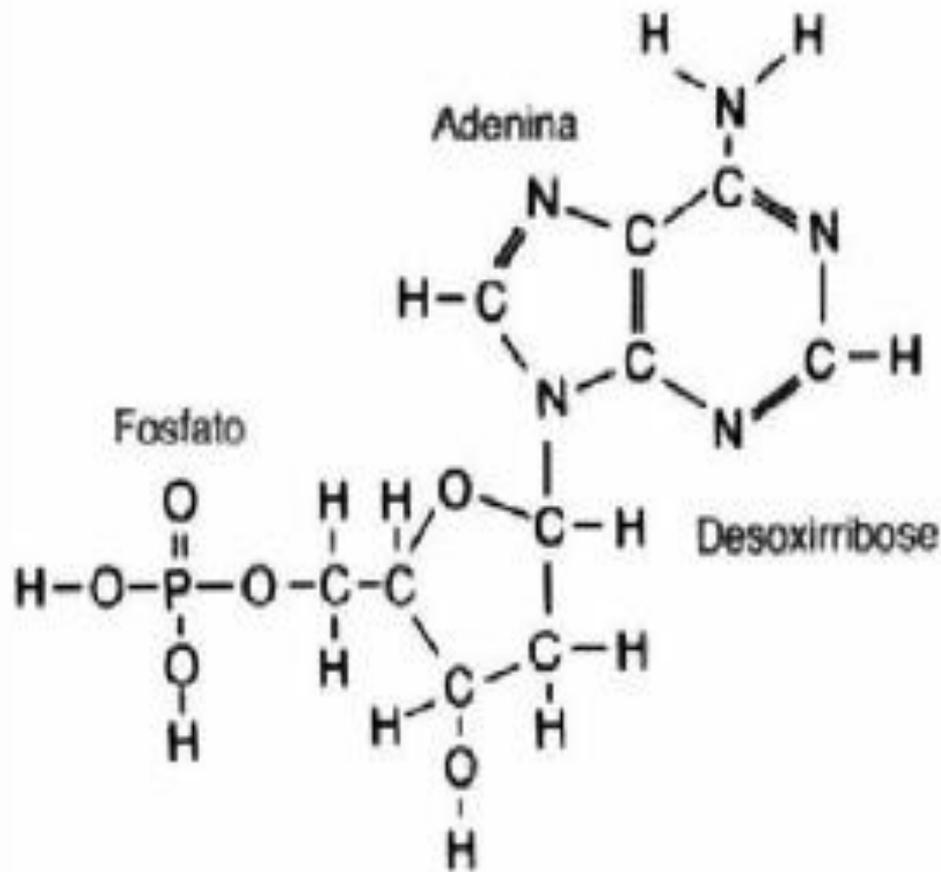


Fig 3.4 O ácido desoxiadenílico, um dos que compõem o ADN.

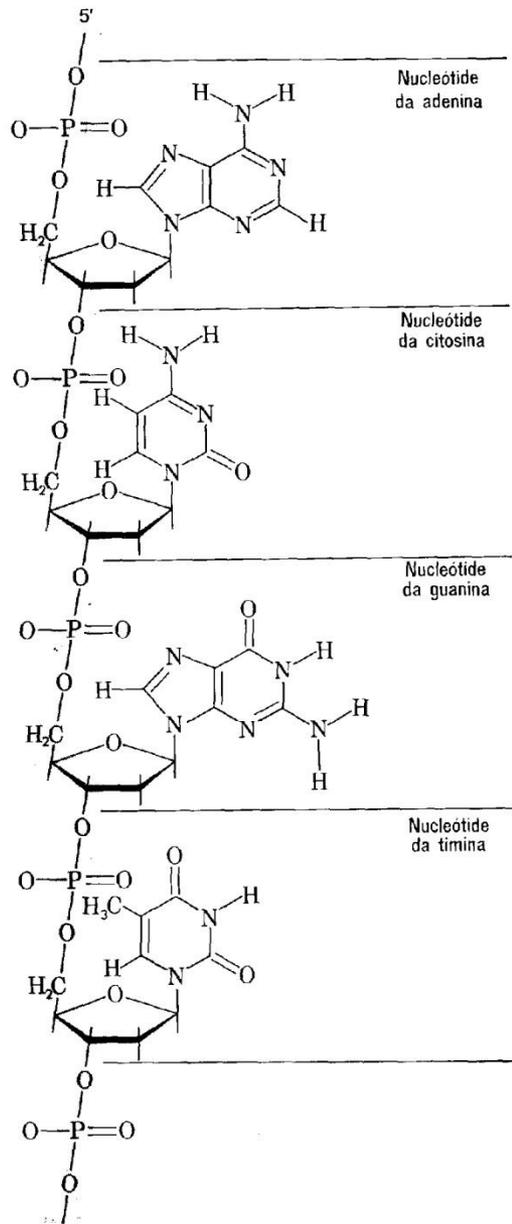


FIG. 3.19. Polinucleótide do DNA.

- 2.4 Ácidos nucleicos: DNA.
- O DNA é o responsável pelo armazenamento e transmissão da informação genética.
- Consiste em duas cadeias de nucleotídeos dispostas em hélice em torno de um eixo.

# • 2.4 Ácidos nucleicos: DNA.

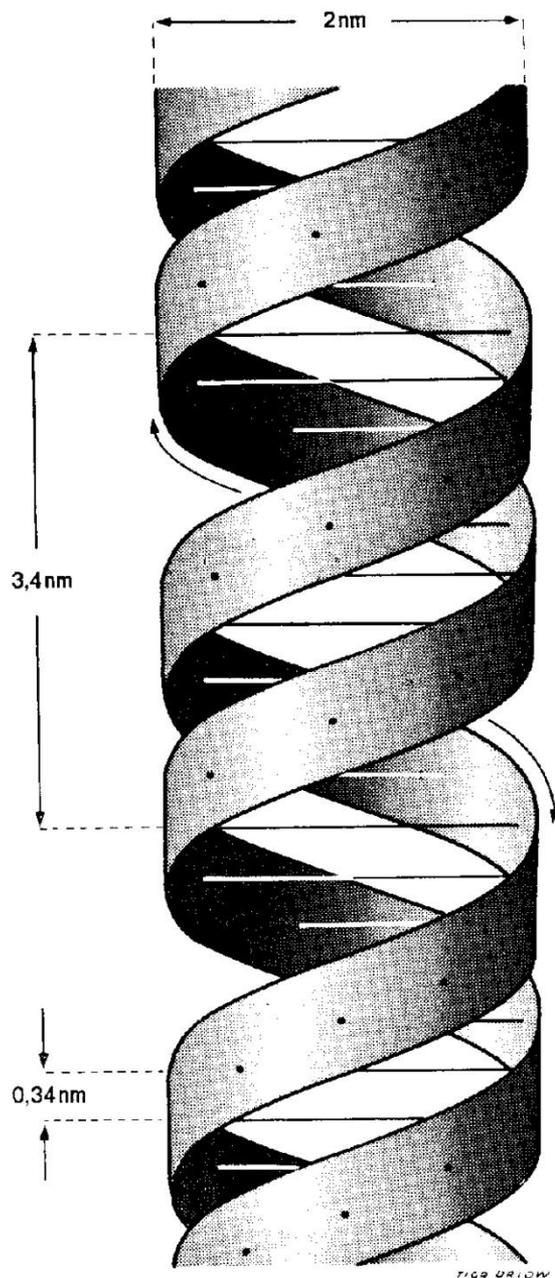


FIG. 3.20. Modelo da molécula de DNA, em hélice dupla, com passo de 3,4nm. Cada linha interna, unindo as hélices, representa duas bases. A distância entre as bases é de 0,34nm.

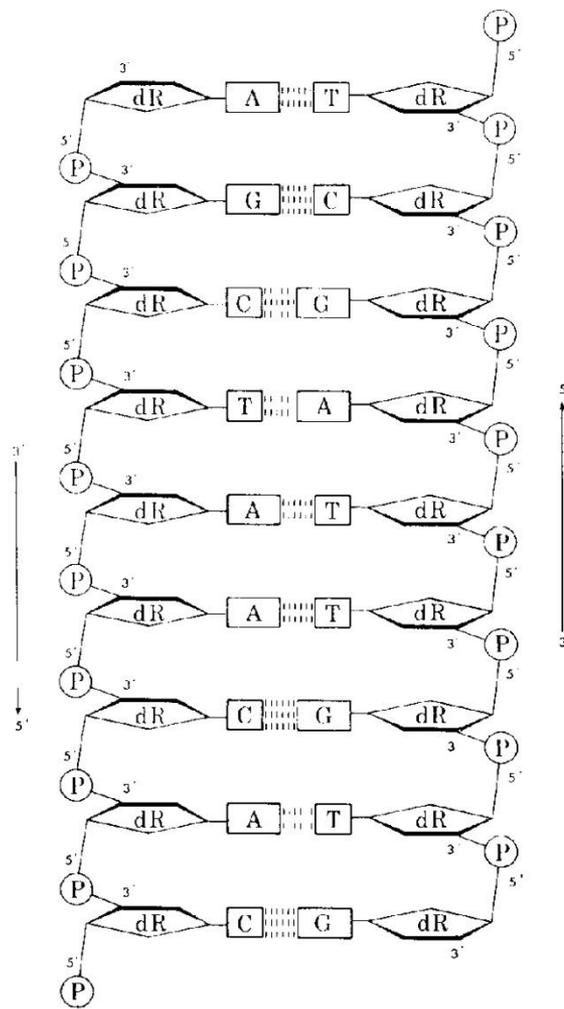
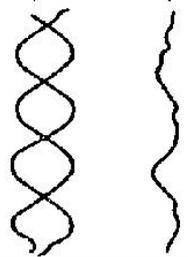
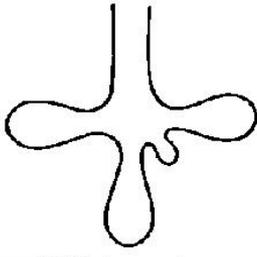


FIG. 3.21. Pequena parte de uma molécula de DNA, mostrando o arranjo antiparalelo dos polinucleótidos. Entre T e A existem duas, e entre C e C três pontes de hidrogénio.

país responsáveis pela estabilidade da hélice. Quando as pontes de hidrogênio são rompidas — por exemplo, pelo aquecimento do DNA em solução —, os dois filamentos polinucleotídicos da hélice se separam. Quando baixa a temperatura, eles se unem novamente.

## QUADRO 3.2

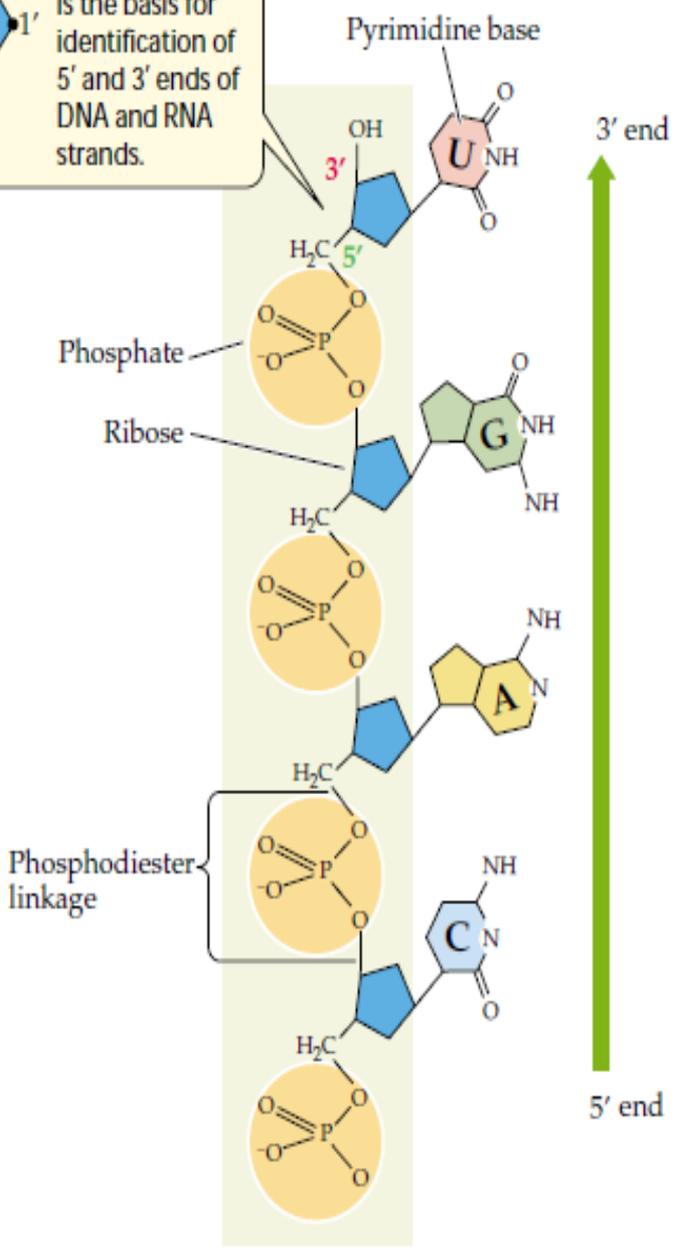
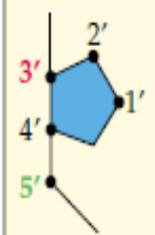
### *Características dos Principais Tipos de Ácidos Nucléicos*

	DNA	tRNA	mRNA	rRNA
COMPONENTES	ácido fosfórico, desoxirribose, adenina, guanina, citosina e timina	ácido fosfórico, ribose, adenina, guanina, citosina, uracila, timina, ácido pseudo-uridílico, metilcitosina, dimetil-guanina	ácido fosfórico, ribose, adenina, guanina, citosina e uracila	ácido fosfórico, ribose, adenina, guanina, citosina e uracila
FUNÇÕES	comanda todo o funcionamento da célula; transmite a informação genética para as outras células	transporta os aminoácidos unindo o seu anticódon ao códon do mRNA; determina a posição dos aminoácidos nas proteínas	através da sequência de suas bases, determina a posição dos aminoácidos nas proteínas	combina-se com o mensageiro, para formar os polirribossomos
LOCALIZAÇÃO	núcleo das células eucariotas; nucleóide das procariontes, mitocôndrios e cloroplastos; alguns vírus	principalmente no citoplasma; menor quantidade no núcleo	principalmente no citoplasma; menor quantidade no núcleo	principalmente no citoplasma; menor quantidade no núcleo
PESO MOLECULAR	muito elevado; difícil de determinar	25.000 a 30.000	depende do tamanho da proteína que codifica; variável entre $5 \times 10^4$ a $5 \times 10^{16}$	600.000 e 1.200.000; além destes 2 tipos, há outros menos abundantes
FORMA	<p>helicé dupla      filamento simples</p> 	<p>"folha de trevo"</p> 	<p>filamento simples</p> 	<p>ribossomos</p> <p>diâmetro: células eucariotas 2,3nm células procariontes 1,8nm</p> 

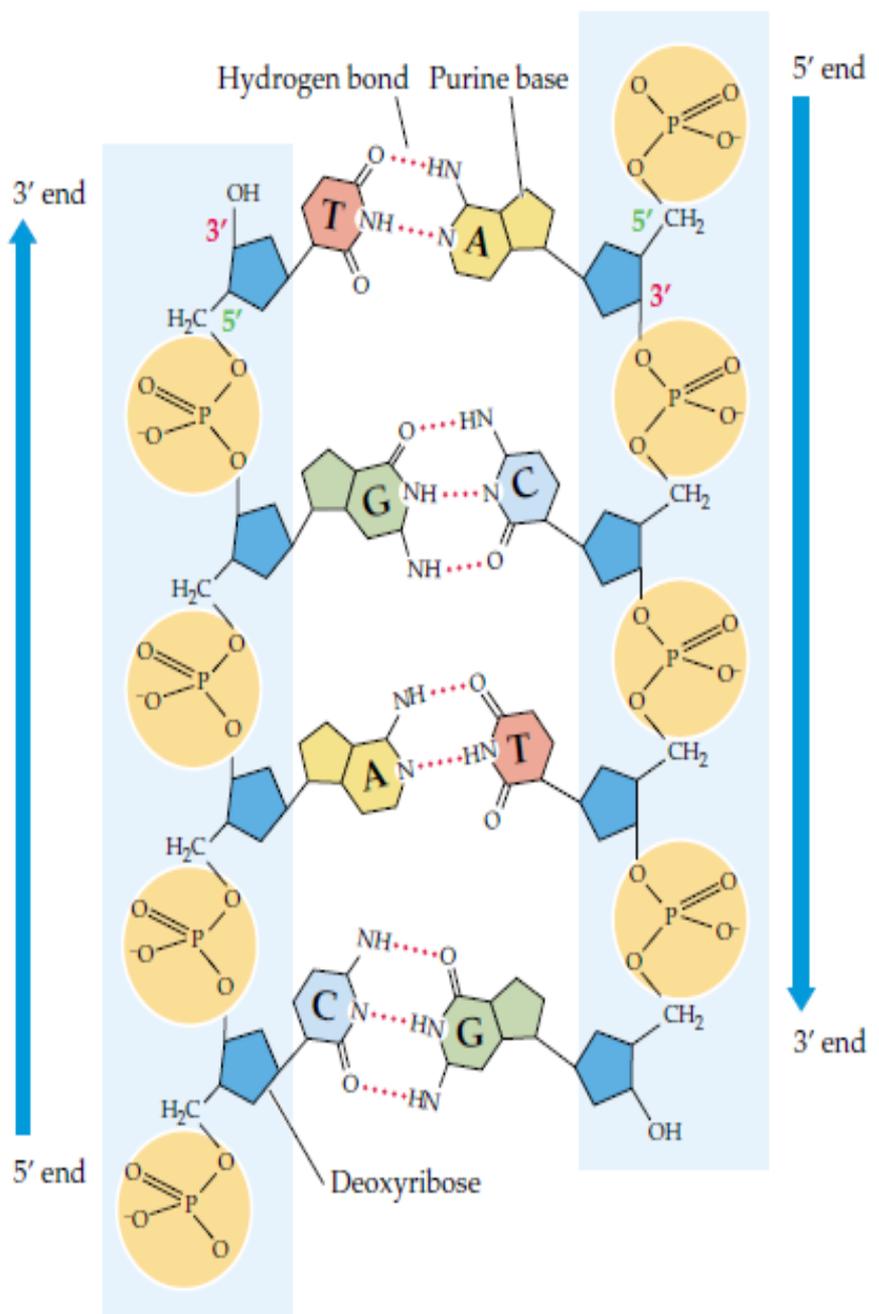
## • 2.4 Tipos e funções dos ácidos nucleicos DNA e RNA.

### RNA (single-stranded)

The numbering of ribose carbons is the basis for identification of 5' and 3' ends of DNA and RNA strands.

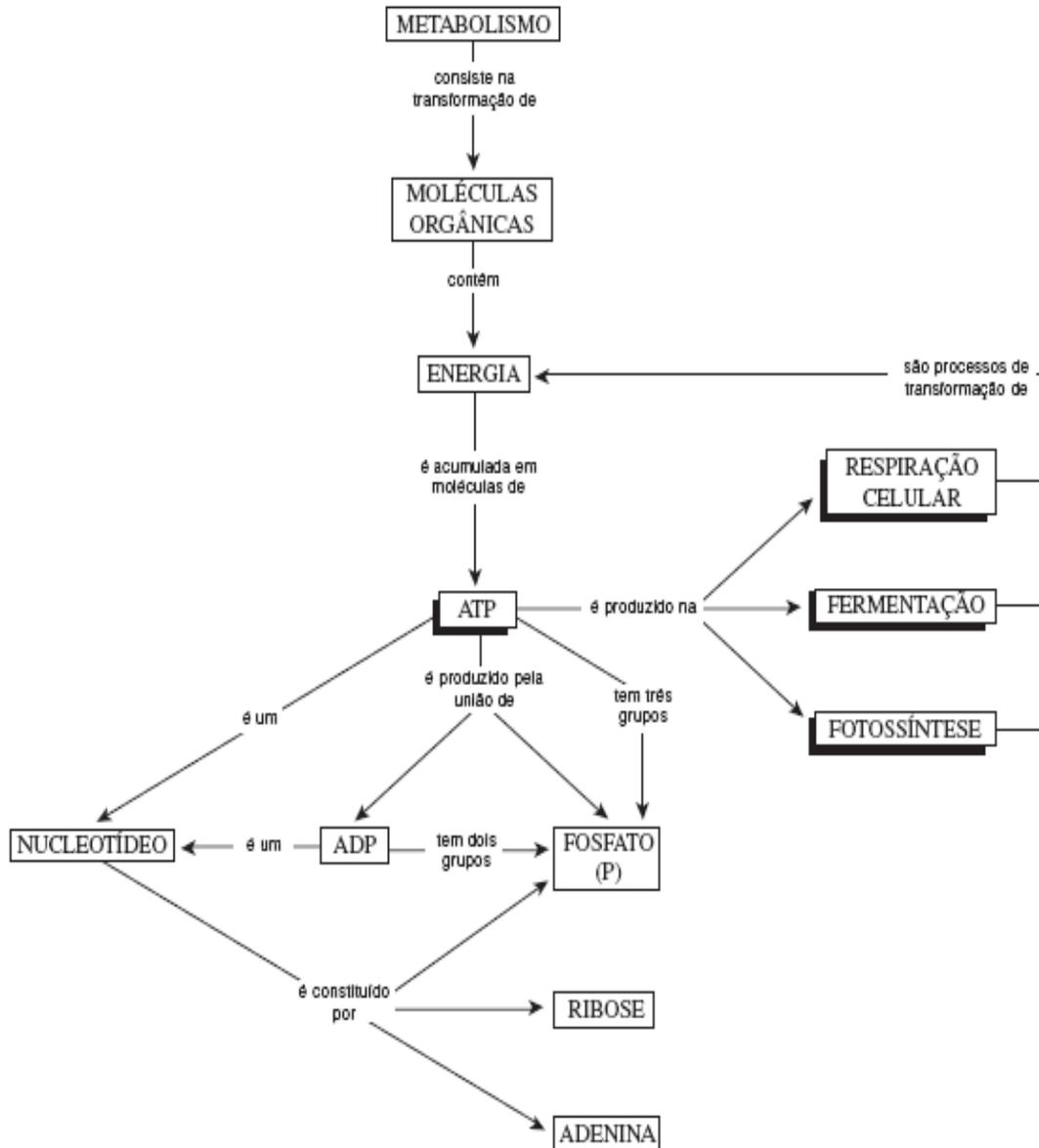


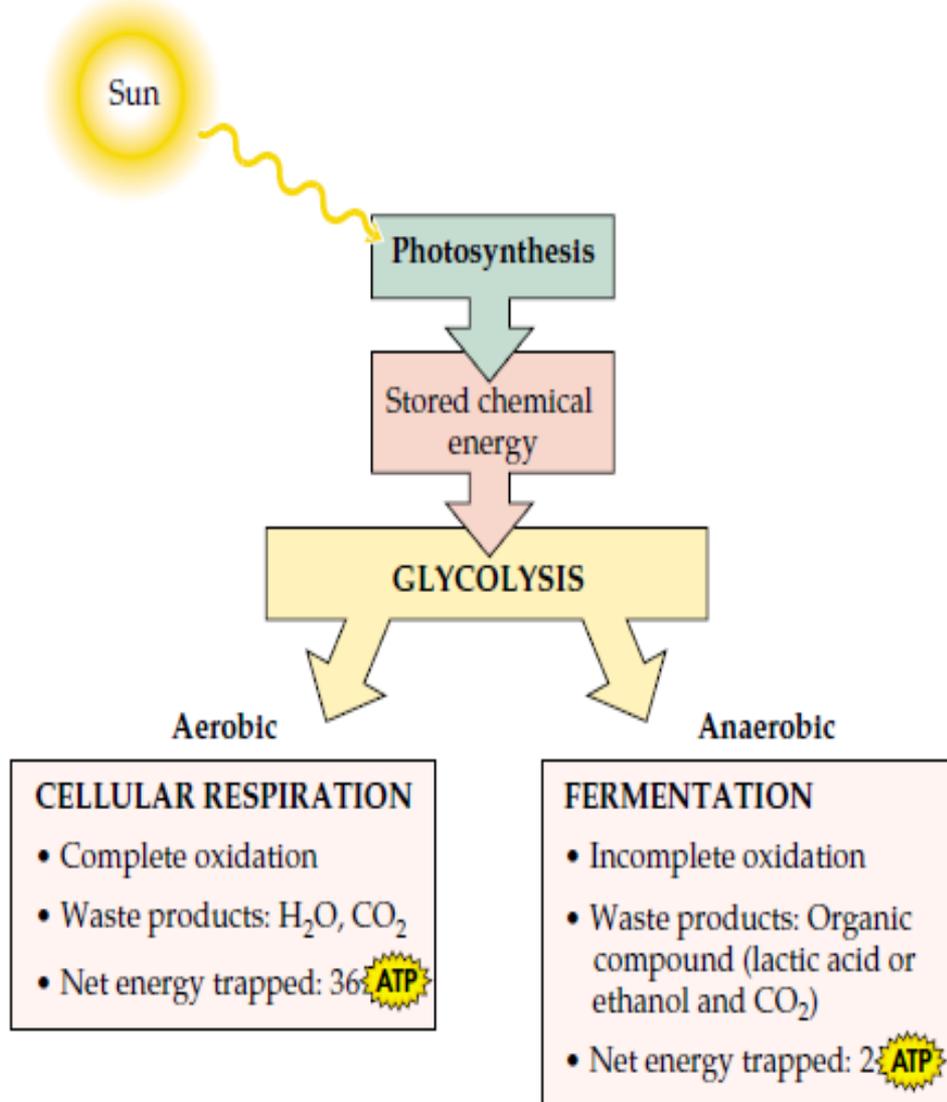
### DNA (double-stranded)



# 14. Principais reações produtoras de energia.

## mapa de conceitos ATP E METABOLISMO

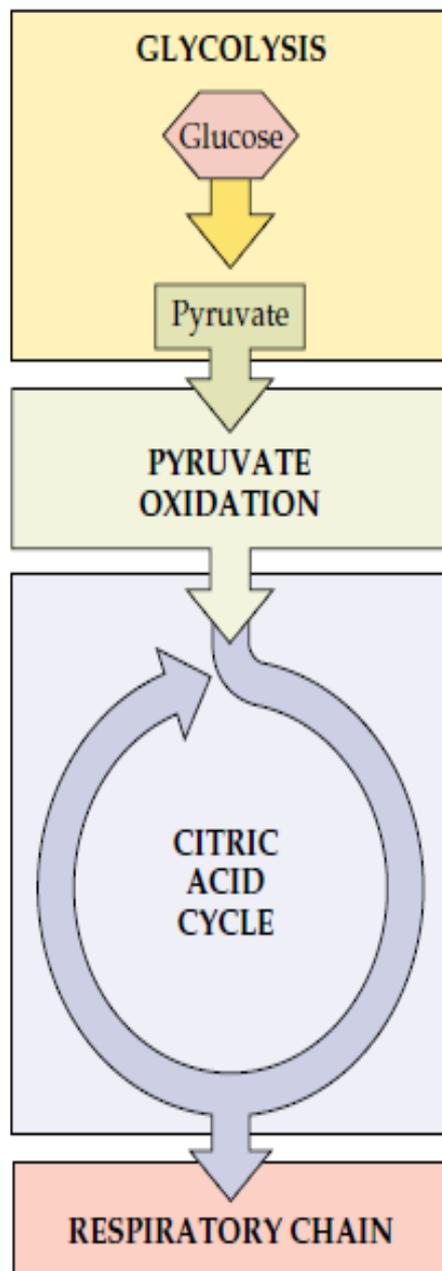




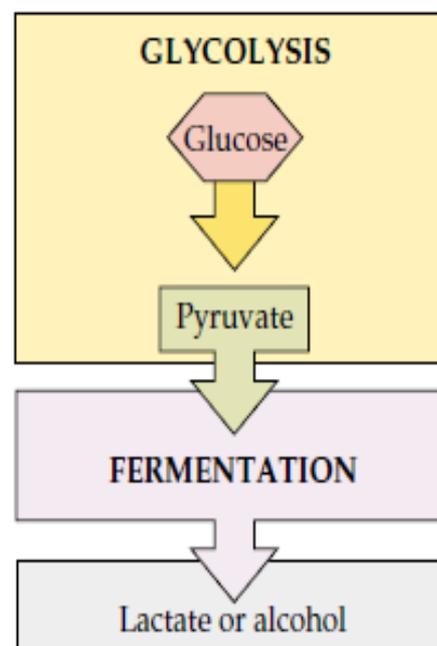
**7.1 Energy for Life** Both heterotrophic ("other-feeding") and autotrophic ("self-feeding") organisms obtain energy from the food compounds that autotrophs produce by photosynthesis. They convert these compounds to glucose, then metabolize glucose by glycolysis and fermentation or cellular respiration.

- **14.1 Principais reações produtoras de energia. Transformação e armazenamento de energia no citoplasma e mitocôndrias: respiração celular.**
- As ligações químicas dos nutrientes, especialmente a glicose, são transferidas para a formação do ATP, que é o combustível celular.
- A fórmula geral é:  $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 36\text{ ATP}$
- No citoplasma, ocorre inicialmente a fermentação anaeróbia ou glicólise, anaeróbia, um mecanismo de pouca eficiência.
- O processo continua nas mitocôndrias. Na membrana ocorre a oxidação do piruvato. Na matriz ocorre o ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs e novamente na membrana ocorre a cadeia respiratória. Estes processos são agora aeróbios, requerem oxigênio e têm muita eficiência.

(a) Glycolysis and cellular respiration



(b) Glycolysis and fermentation



### 7.5 Energy-Producing Metabolic Pathways

Energy-producing reactions can be grouped into five metabolic pathways: glycolysis, pyruvate oxidation, the citric acid cycle, the respiratory chain, and fermentation. The three middle pathways occur only in the presence of  $O_2$  and are collectively referred to as cellular respiration (a). When  $O_2$  is unavailable, glycolysis is followed by fermentation (b).

- Figura:
- Padrão geral

- Figura: Onde ocorre



## 7.1 Cellular Locations for Energy Pathways in Eukaryotes and Prokaryotes

EUKARYOTES

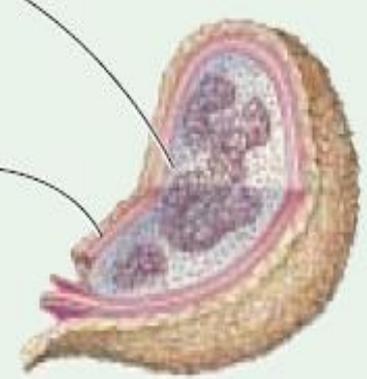
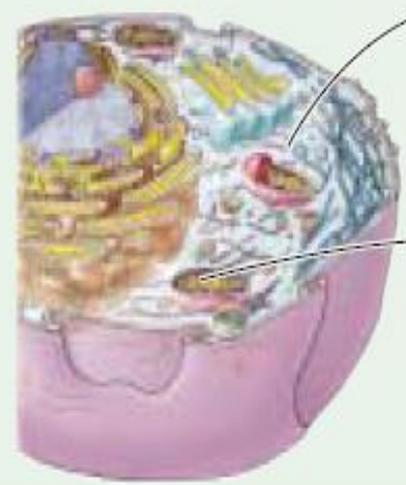
PROKARYOTES

External to mitochondrion  
Glycolysis  
Fermentation

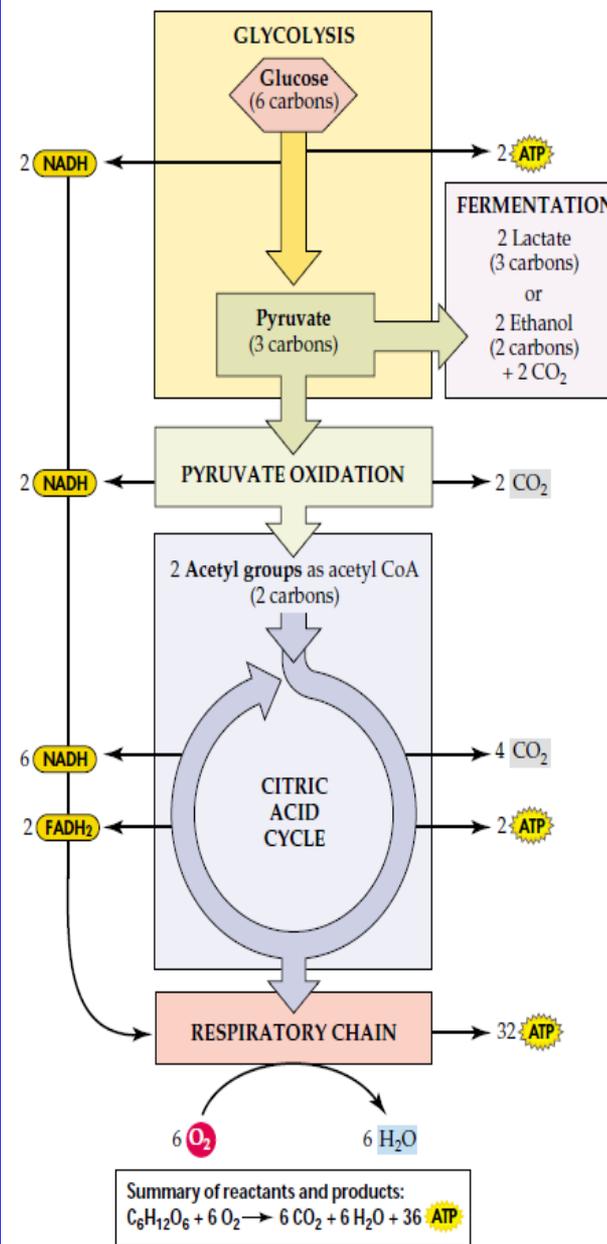
Inside mitochondrion  
Inner membrane  
Pyruvate oxidation  
Respiratory chain  
Matrix  
Citric acid cycle

In cytoplasm  
Glycolysis  
Fermentation  
Citric acid cycle

On inner face  
of plasma membrane  
Pyruvate oxidation  
Respiratory chain

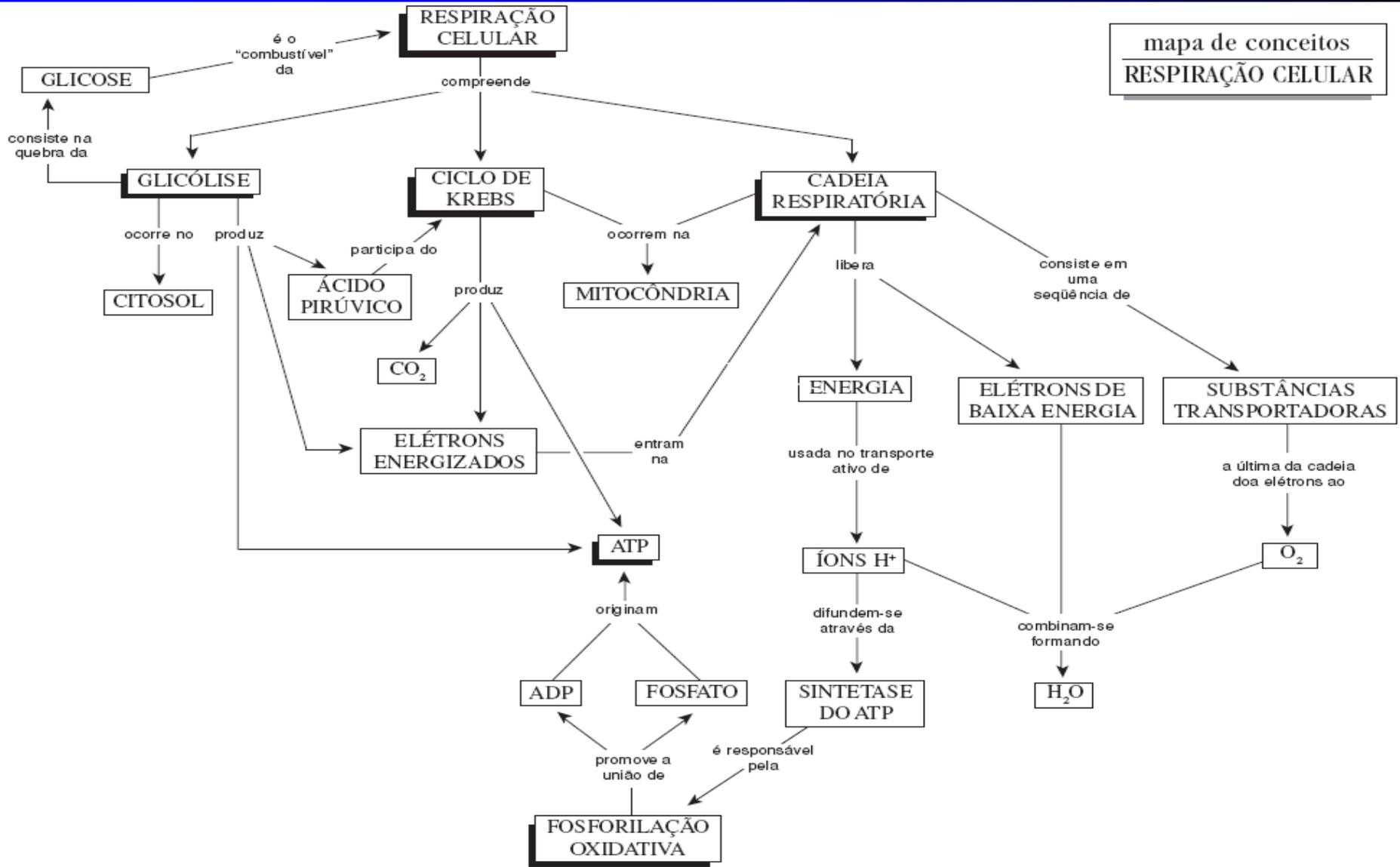


- Figura:
- Rendimento.
- Moléculas formadas



7.16 Cellular Respiration Yields More Energy Than Glycolysis Does Carriers are reduced in pyruvate oxidation and the citric acid cycle, then oxidized by the respiratory chain. These reactions produce ATP via the chemiosmotic mechanism.

• Figura: Mapa geral da produção energética na respiração celular



# Produção de ATP nas células

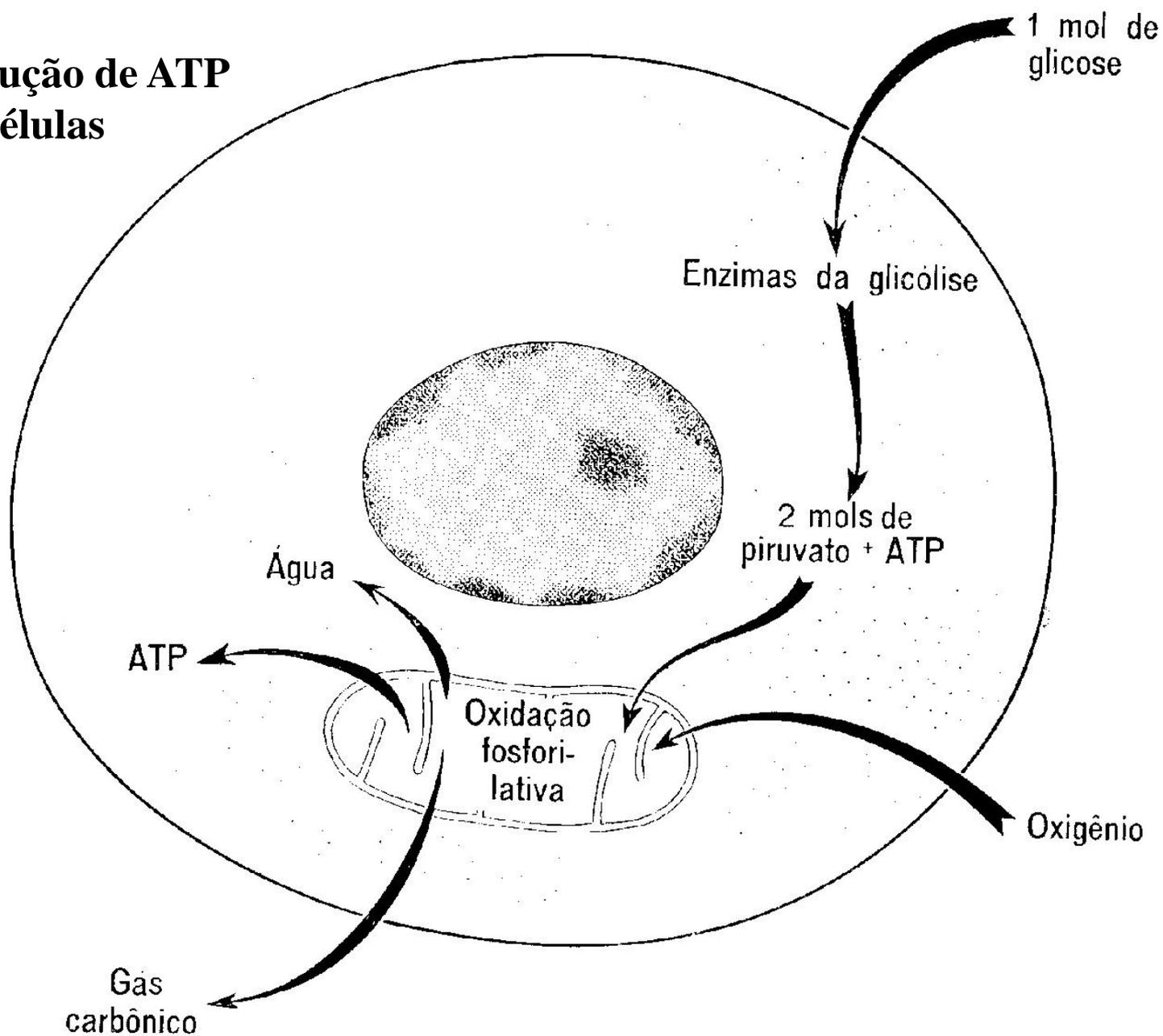
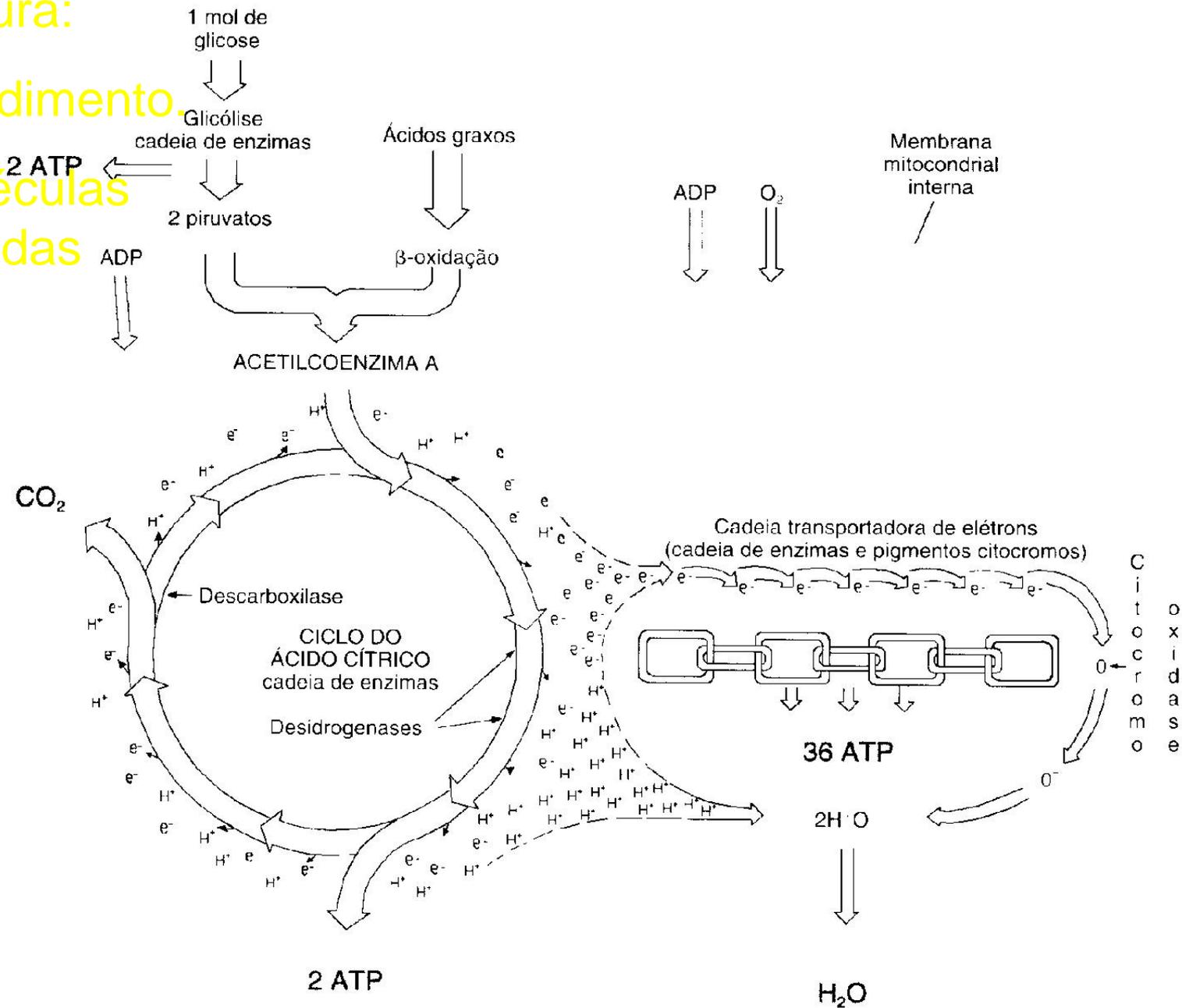


FIG. 4.2. Desenho esquemático mostrando que a glicólise ocorre no citoplasma, enquanto a produção de acetilcoenzima A e a oxidação fosforilativa se processam dentro dos mitocôndrios.

• Figura:

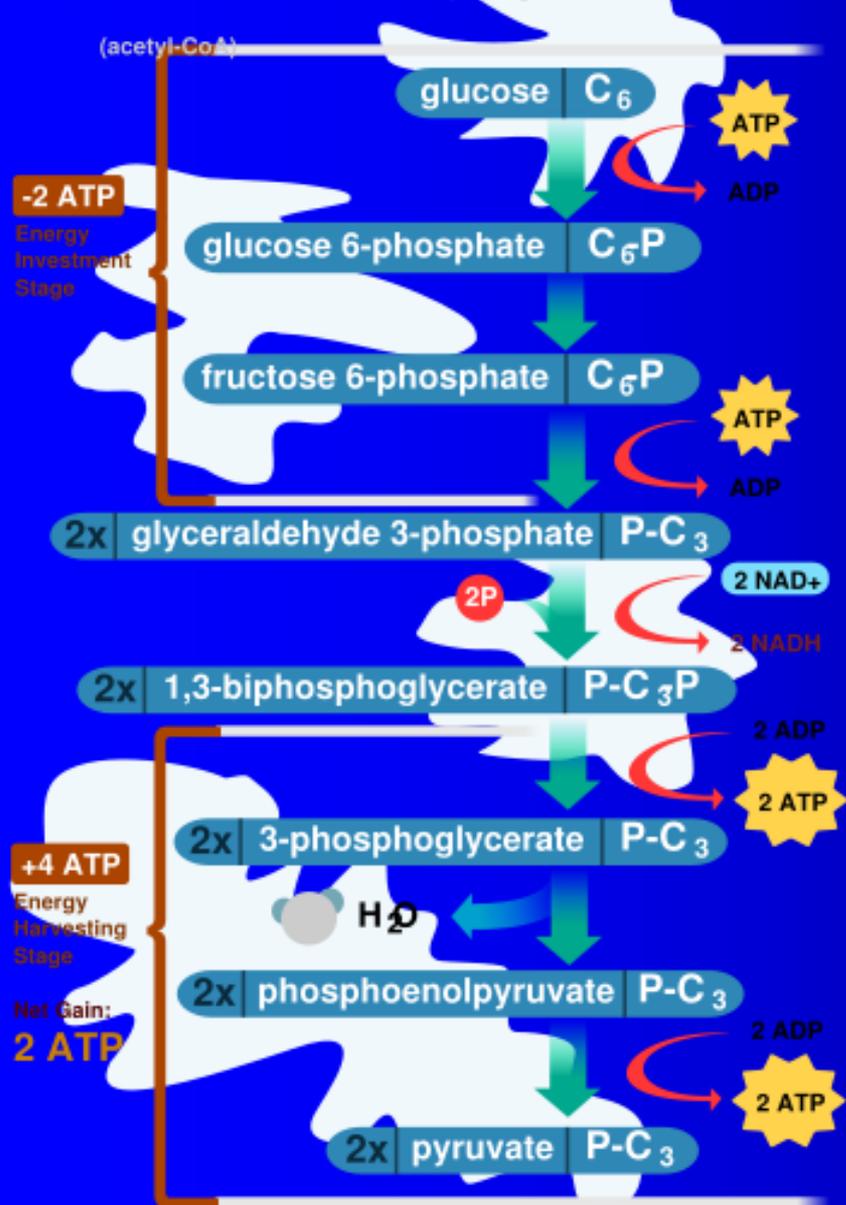
• Rendimento

• Moléculas formadas

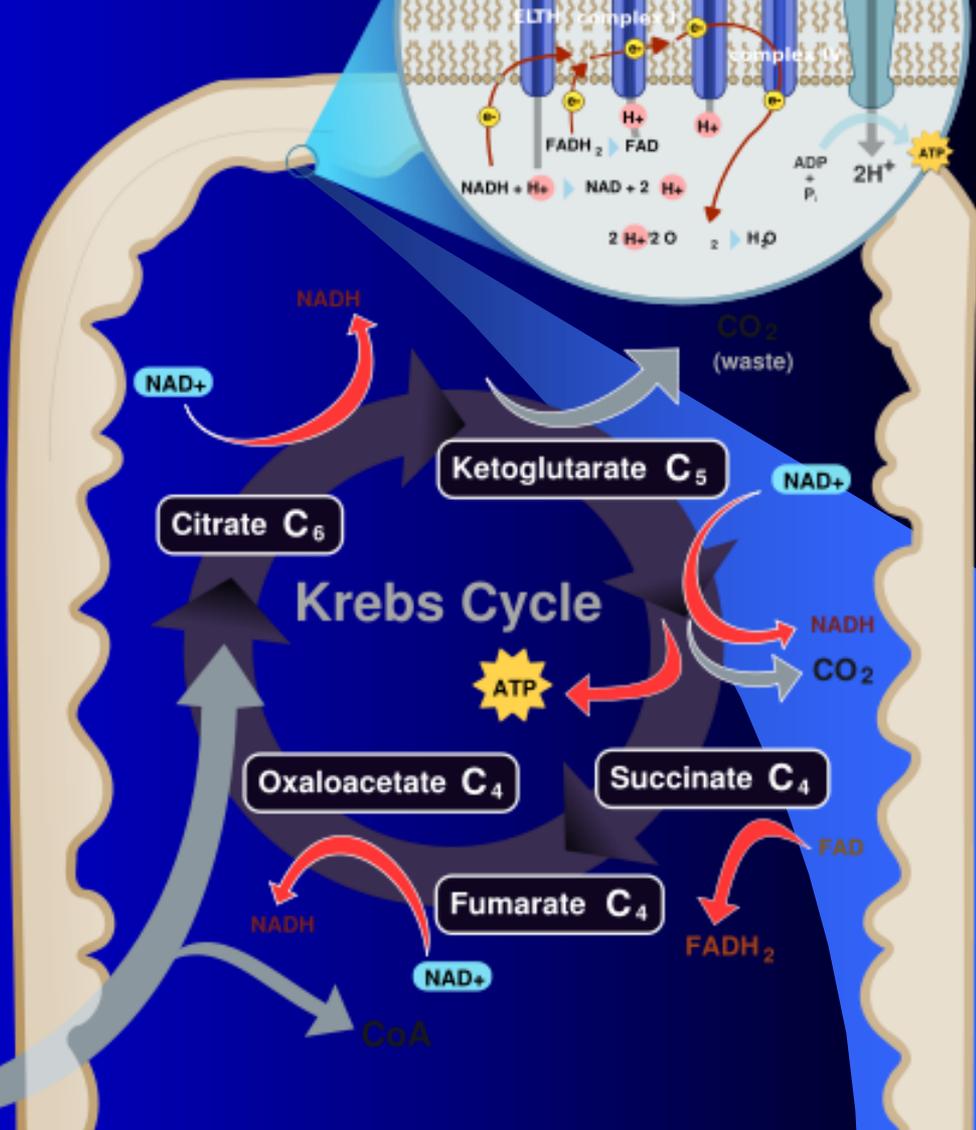


**Produção de ATP nas mitocôndrias pela fosforilação oxidativa.**

# Glycolysis in the Cytoplasm



# Citric Acid Cycle in the Mitochondria



• Figura: as reações complexas em cada etapa.

## •14.2 Principais reações produtoras de energia. Produção de oxigênio e nutrientes nos cloroplastos das células vegetais.

### • **Reação da fotossíntese nas células vegetais:**

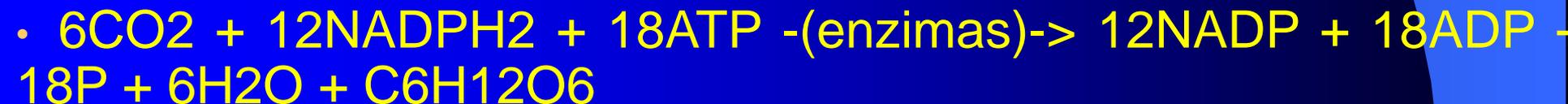
• A equação simplificada do processo, formação de glicose:



### • **Fase clara:**



### • **Fase escura, ou independente da luz:**



• A fase escura depende no entanto dos produtos da fase clara!

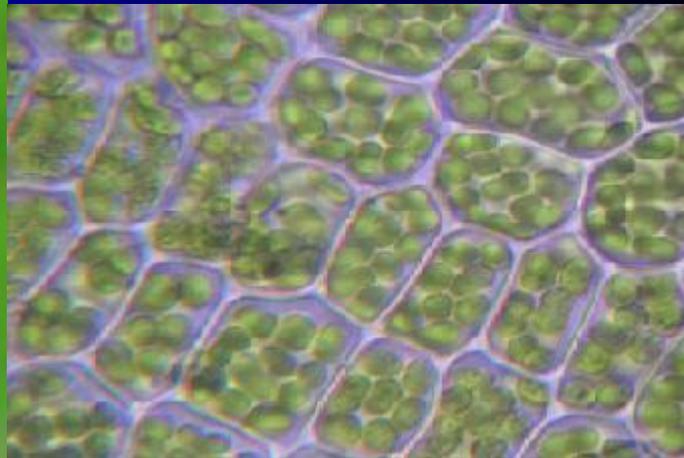
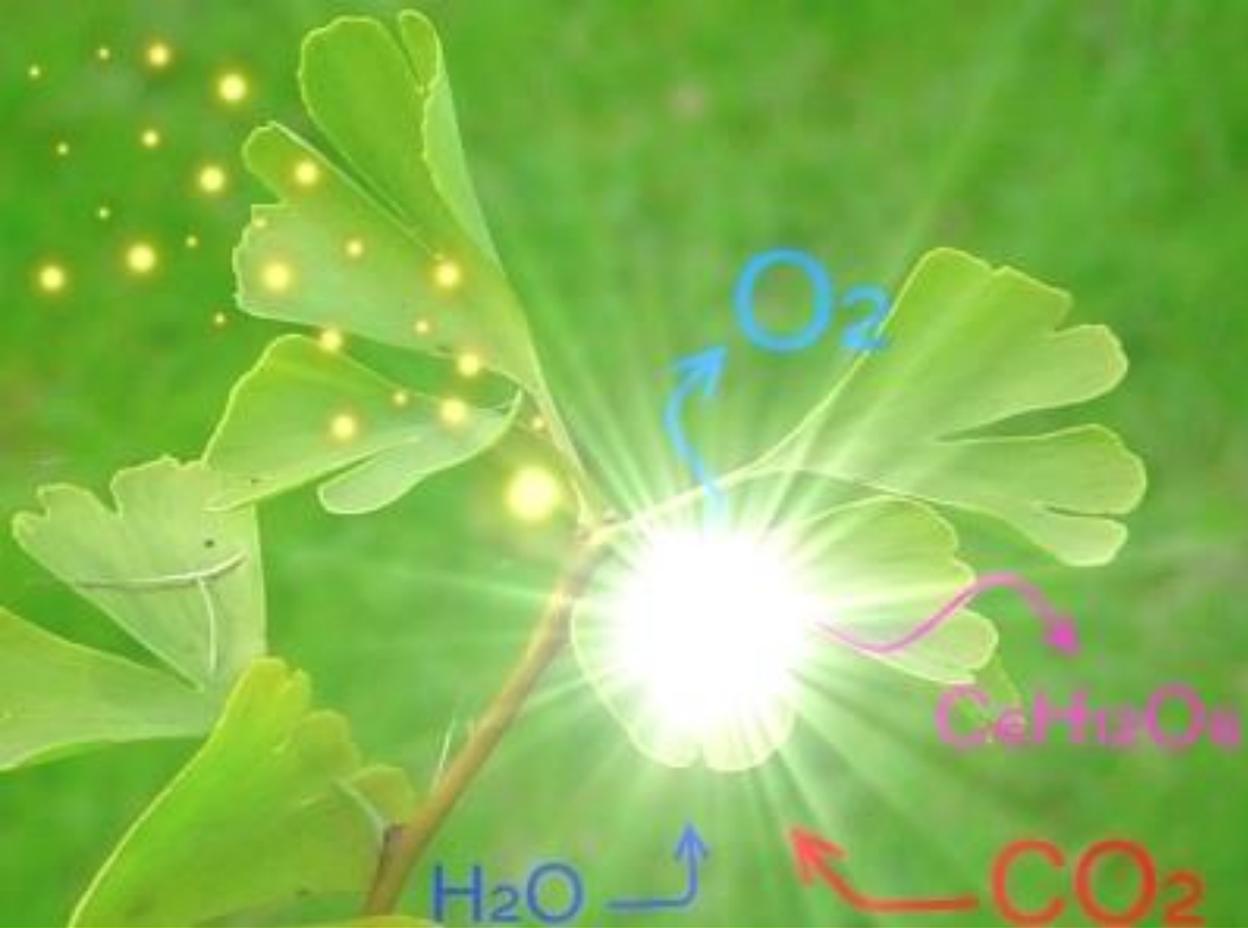
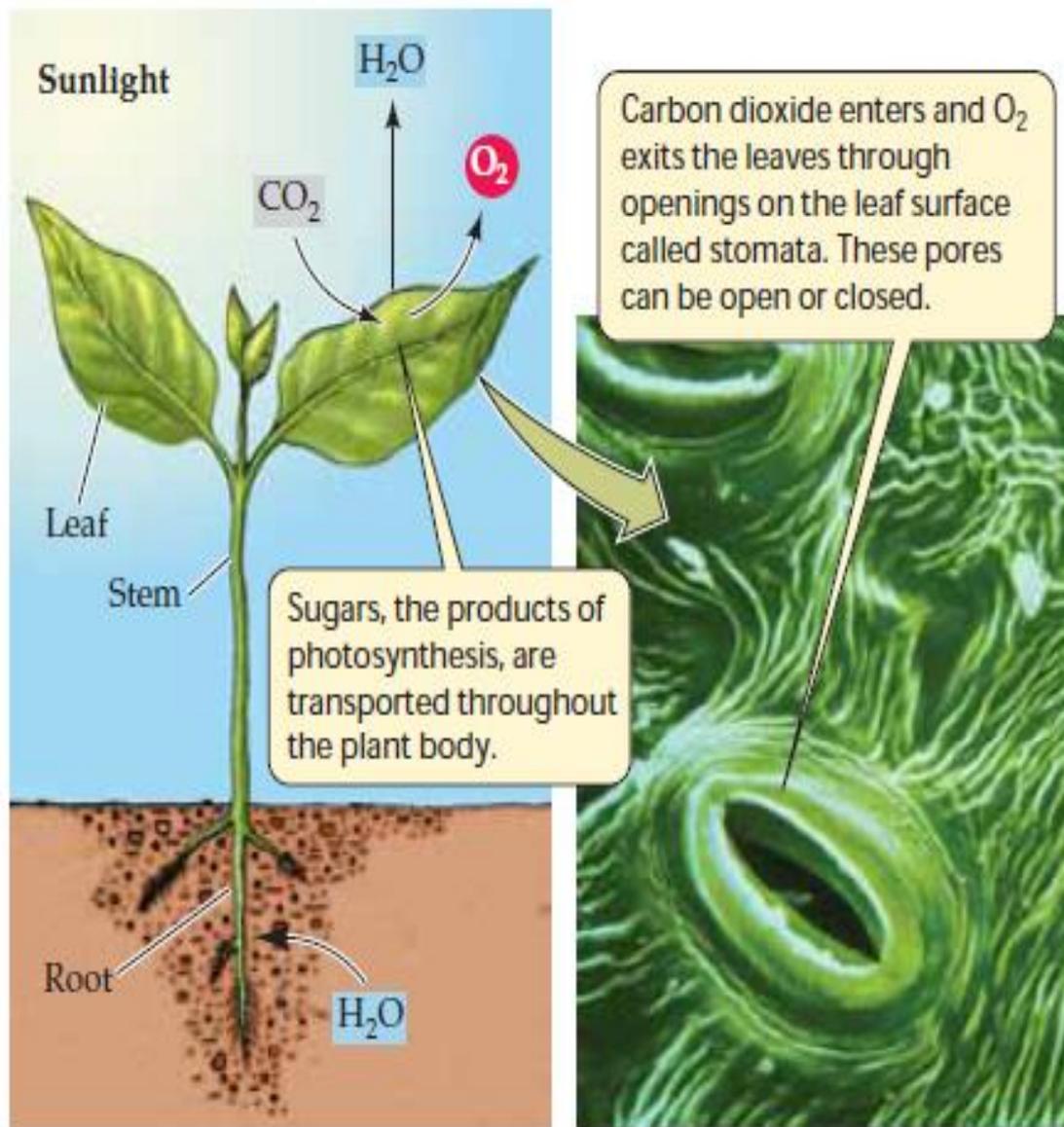


Figura: Célula vegetal com cloroplastos

Figura: Esquema geral da fotossíntese



**8.1 The Ingredients for Photosynthesis** A typical terrestrial plant uses light from the sun, water from the soil, and carbon dioxide from the atmosphere to form organic compounds by photosynthesis.

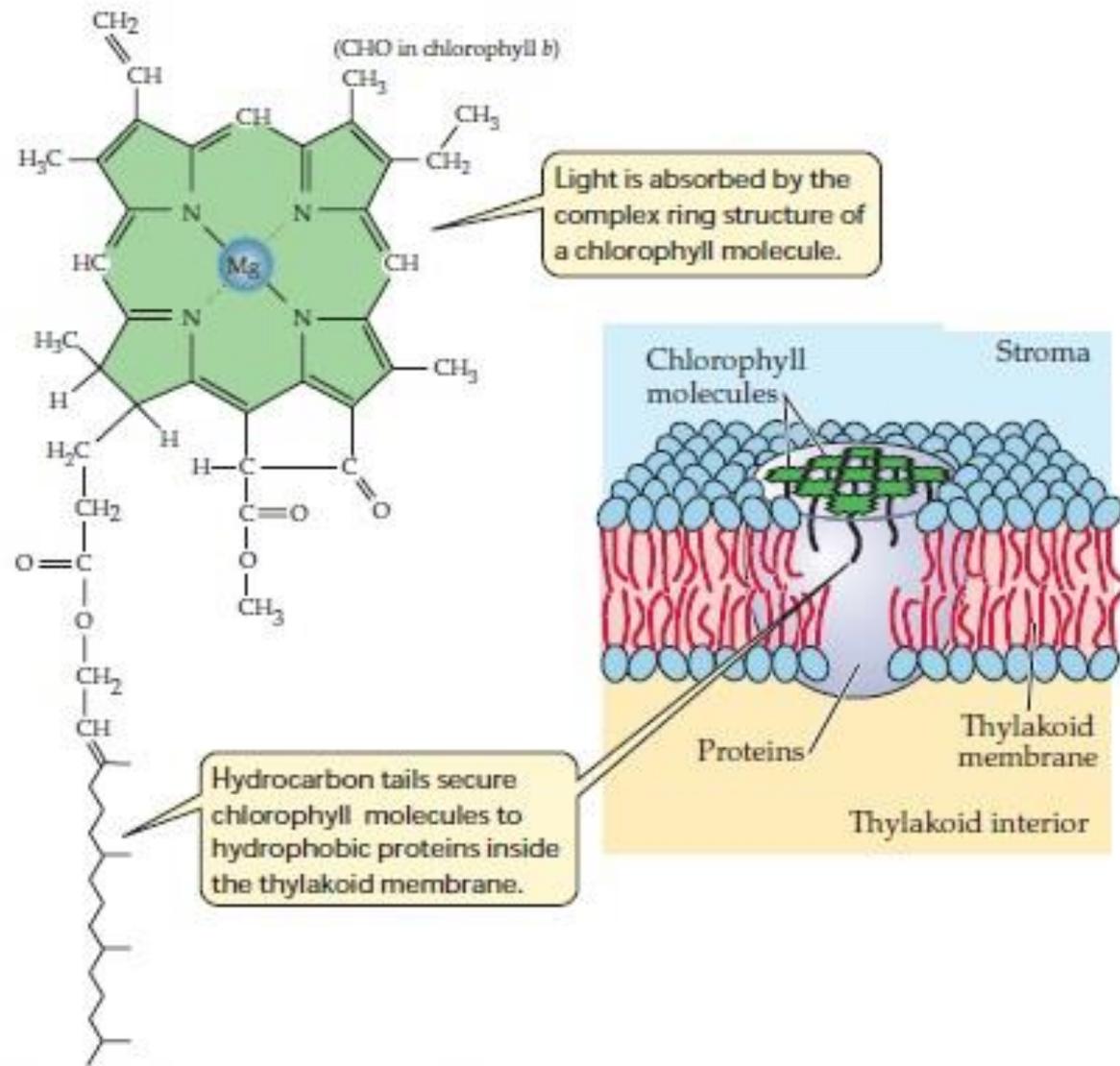
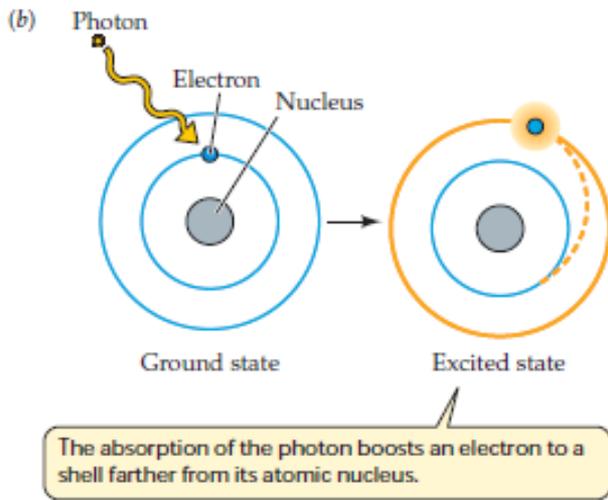
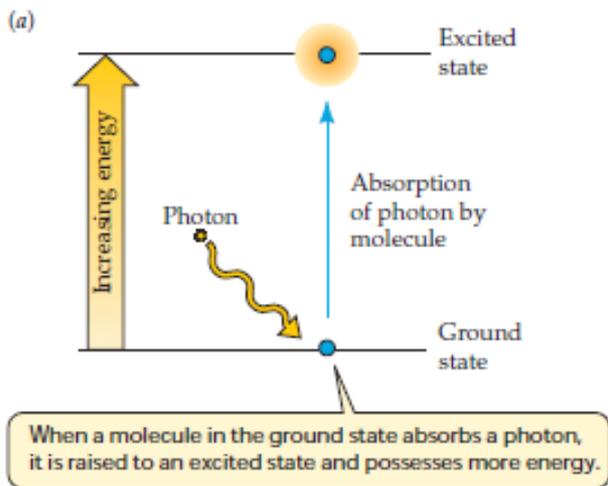


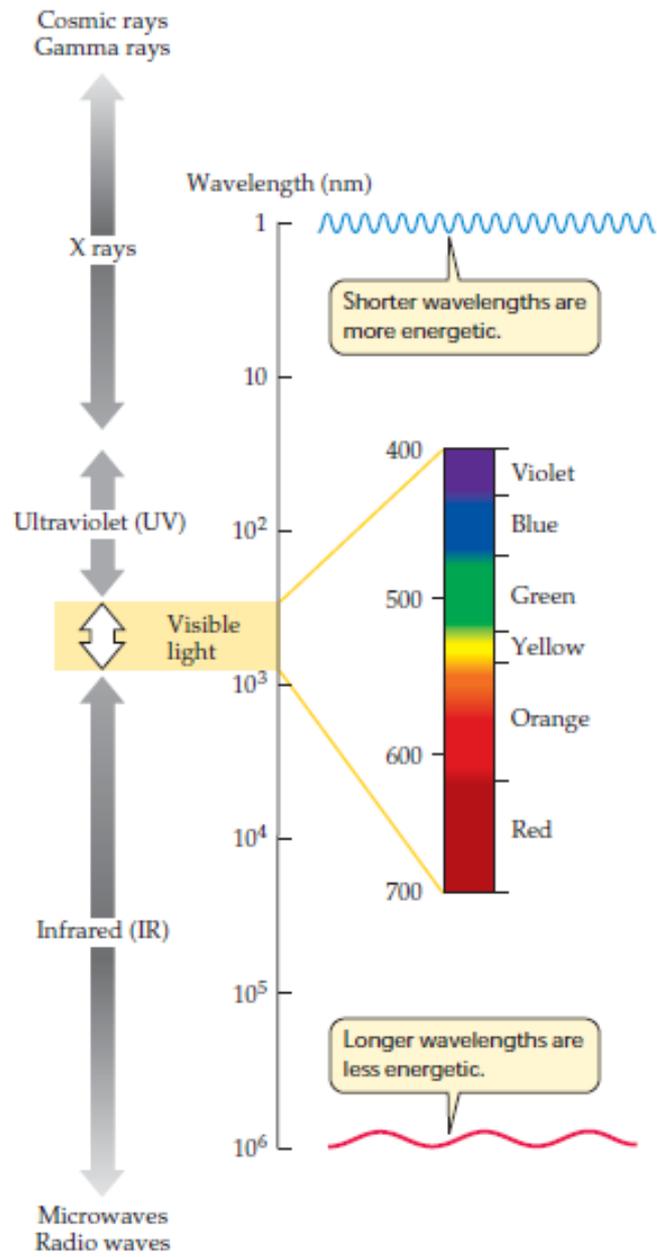
Figura: Estrutura da molécula de clorofila

**8.7 The Molecular Structure of Chlorophyll** Chlorophyll consists of a complex ring structure (shaded area) with a magnesium atom at the center, plus a hydrocarbon "tail." The "tail" anchors chlorophyll molecules to the thylakoid membrane. Chlorophyll *a* and chlorophyll *b* are identical except for the replacement of a methyl group ( $-\text{CH}_3$ ) with an aldehyde group ( $-\text{CHO}$ ) at the upper right.

Neither of the first two outcomes causes any change in the molecule. In the third case, the photon disappears. Its energy,



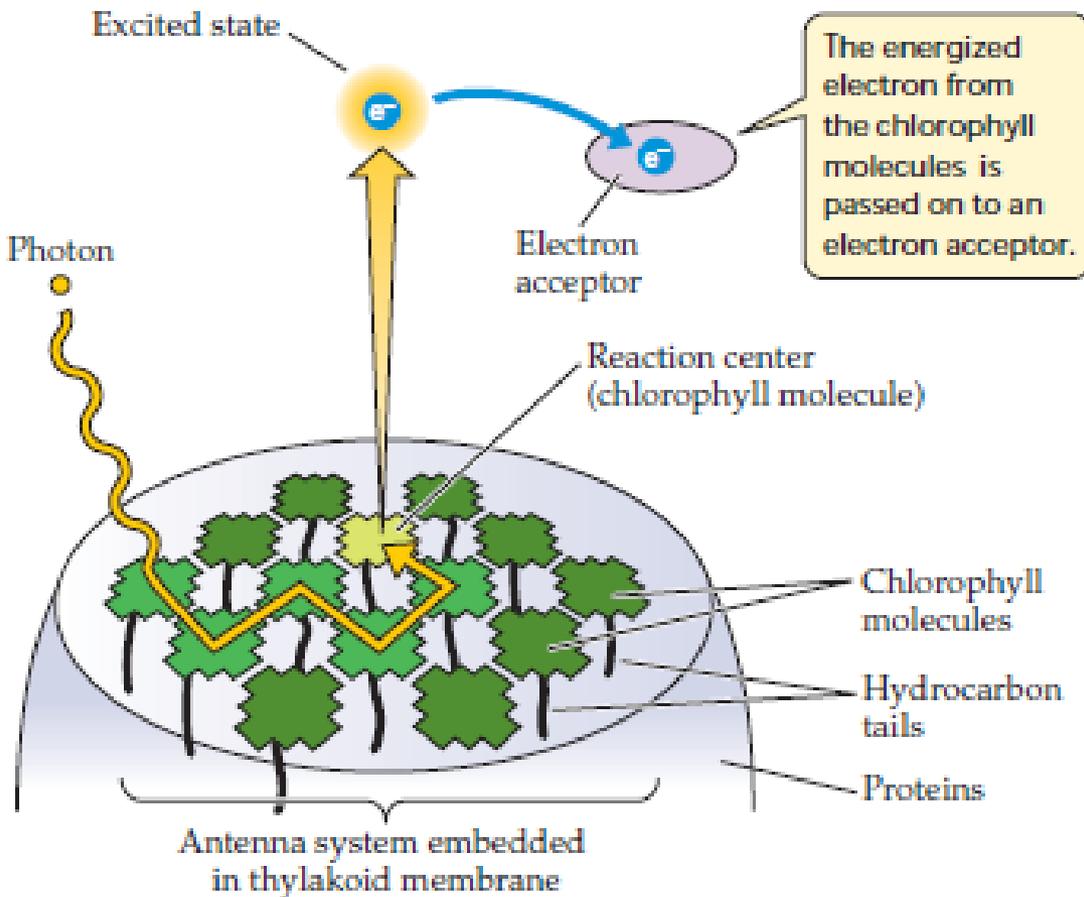
**8.4 Exciting a Molecule** (a) When a molecule absorbs the energy of a photon, it is raised from a ground state to an excited state. (b) In the excited state, an electron is boosted to a more distant shell, where it is held less firmly.



**8.5 The Electromagnetic Spectrum** The portion of the electromagnetic spectrum that is visible to humans is shown in detail at the right.

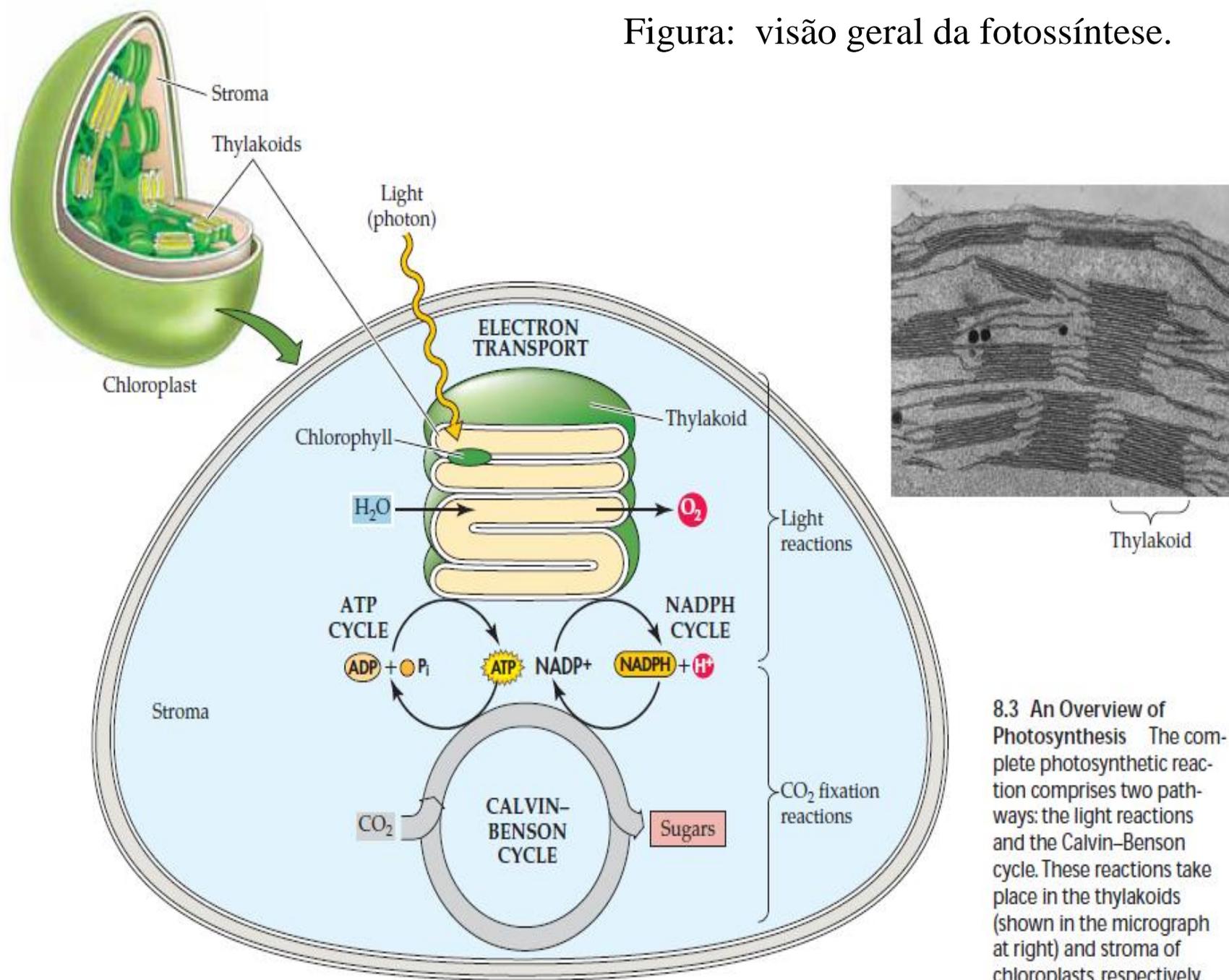
Figura: A luz como excitadora da moléculas de clorofila

Figura: Transferência de elétrons na clorofila a, no centro do efeito antena.



**8.8 Energy Transfer and Electron Transport** Rather than being lost as fluorescence, energy from a photon may be transferred from one pigment molecule to another, preserving the energy for biochemical work. In an antenna system, an excited pigment molecule can transfer energy through a series of other pigment molecules to a chlorophyll molecule in the reaction center. That molecule may become sufficiently excited that it gives up its excited electron, which can then be passed on to an electron carrier.

Figura: visão geral da fotossíntese.



8.3 An Overview of Photosynthesis The complete photosynthetic reaction comprises two pathways: the light reactions and the Calvin-Benson cycle. These reactions take place in the thylakoids (shown in the micrograph at right) and stroma of chloroplasts, respectively.

8.9 Noncyclic Electron Transport Uses Two Photosystems  
Photosystems I and II both make use of the excited chlorophyll molecules of their respective reaction centers.

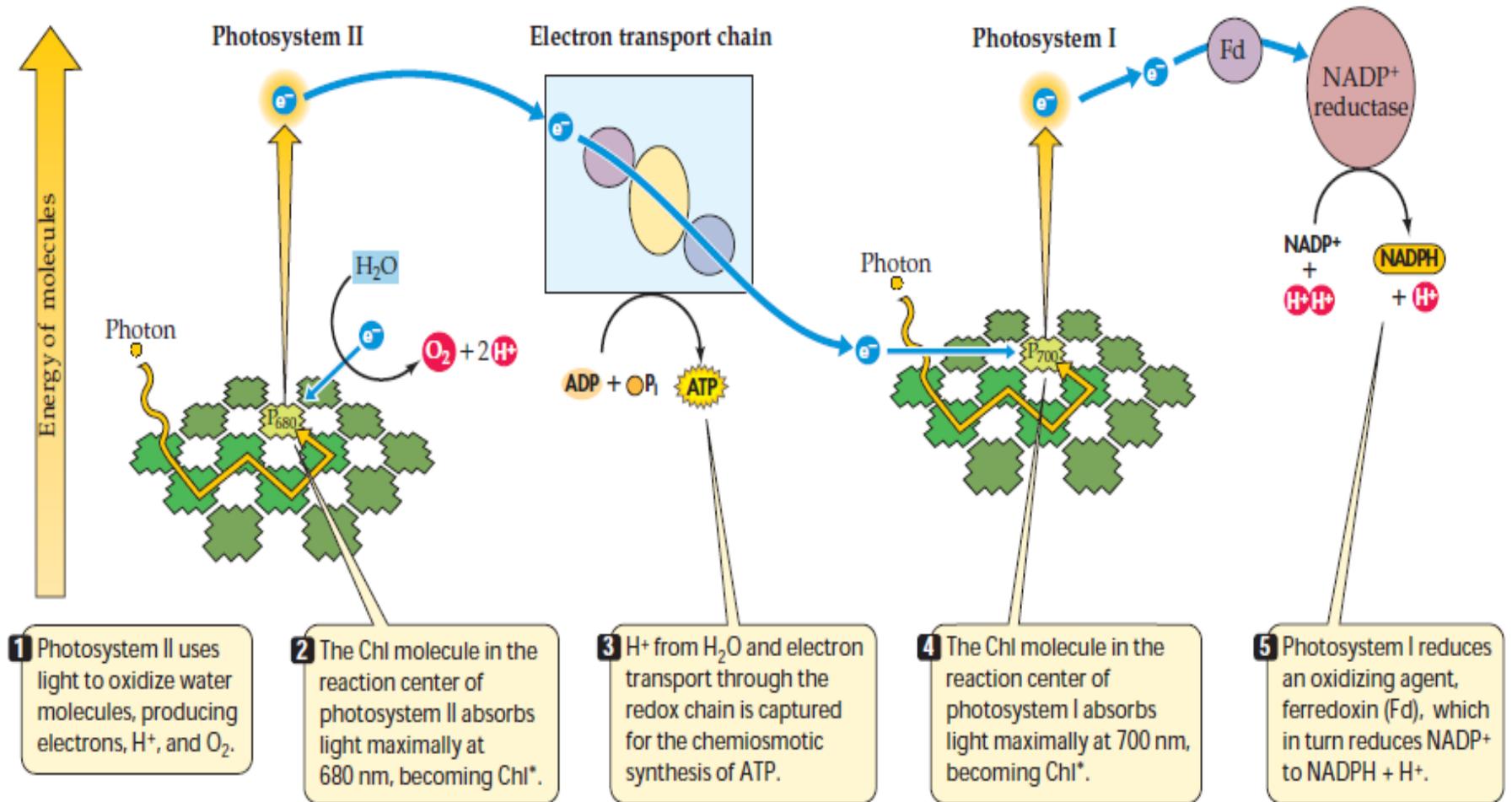
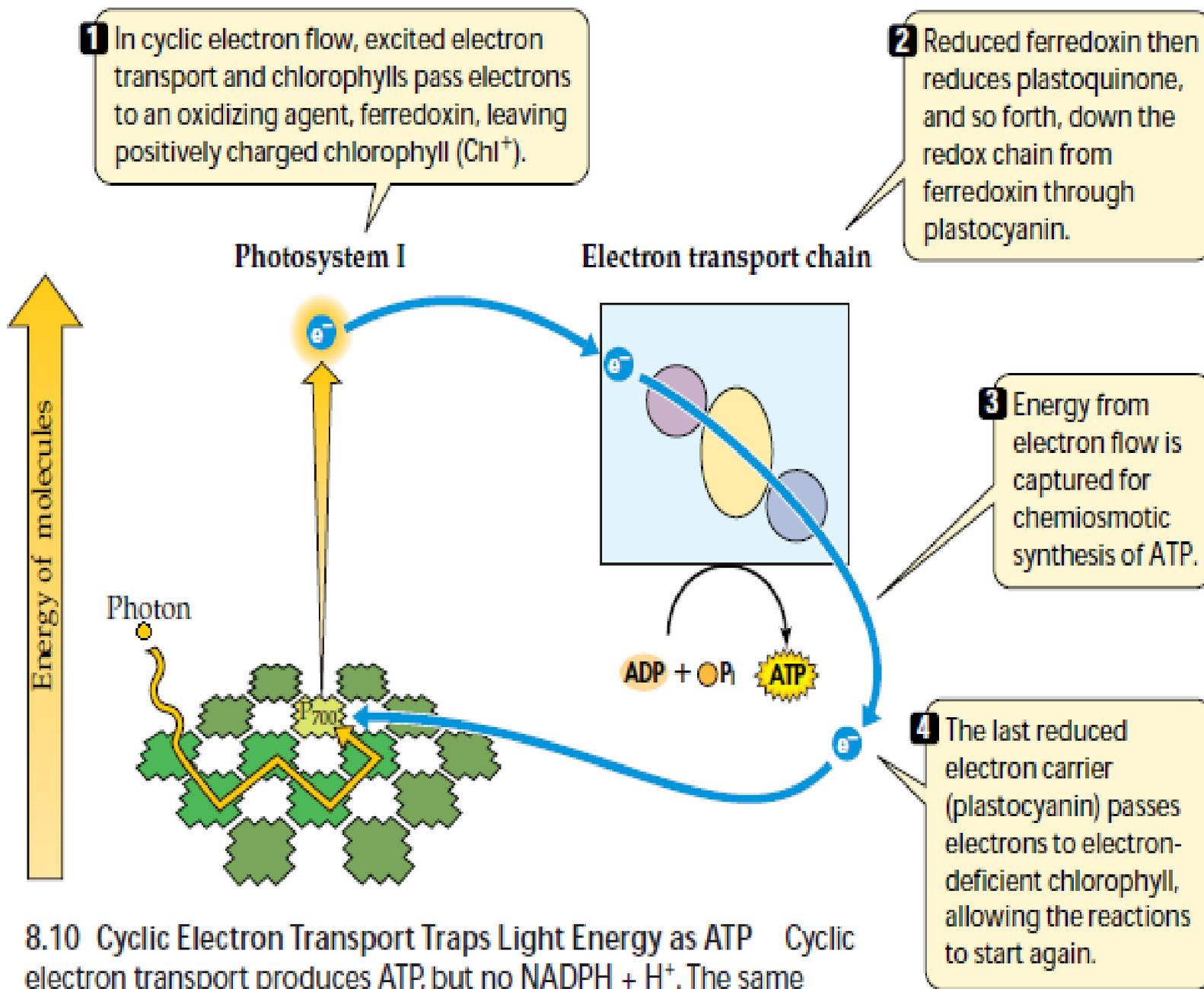
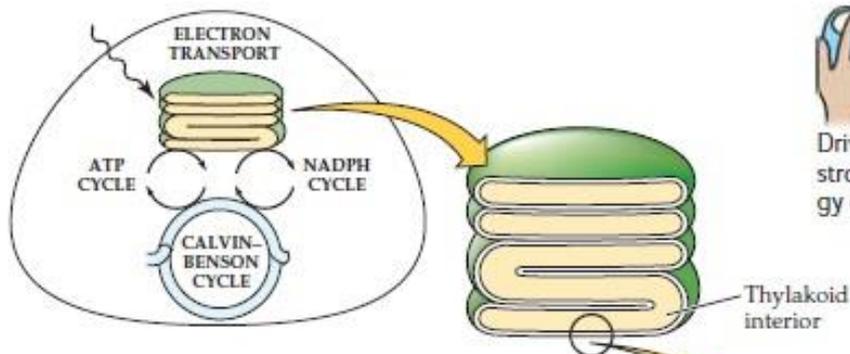


Figura: As reações dos fotossistemas II e I no processo não cíclico de transporte de elétrons: a combinação em Z.



**8.10 Cyclic Electron Transport Traps Light Energy as ATP** Cyclic electron transport produces ATP, but no  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ . The same chlorophyll molecule passes on the electrons that start the reactions and receives the electrons at the end to start the process over again.

Figura: O processo cíclico de transporte de elétrons ocorre quando há excesso de  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  e produz apenas ATP.



**8.11 Chloroplasts Form ATP Chemiosmotically**  
 Protons ( $H^+$ ) pumped across the thylakoid membrane from the stroma during electron transport make the interior of the thylakoid more acidic than the stroma. Driven by this pH difference, the protons diffuse back to the stroma through ATP synthase channels, which couple the energy of proton diffusion to the formation of ATP from  $ADP + P_i$ .

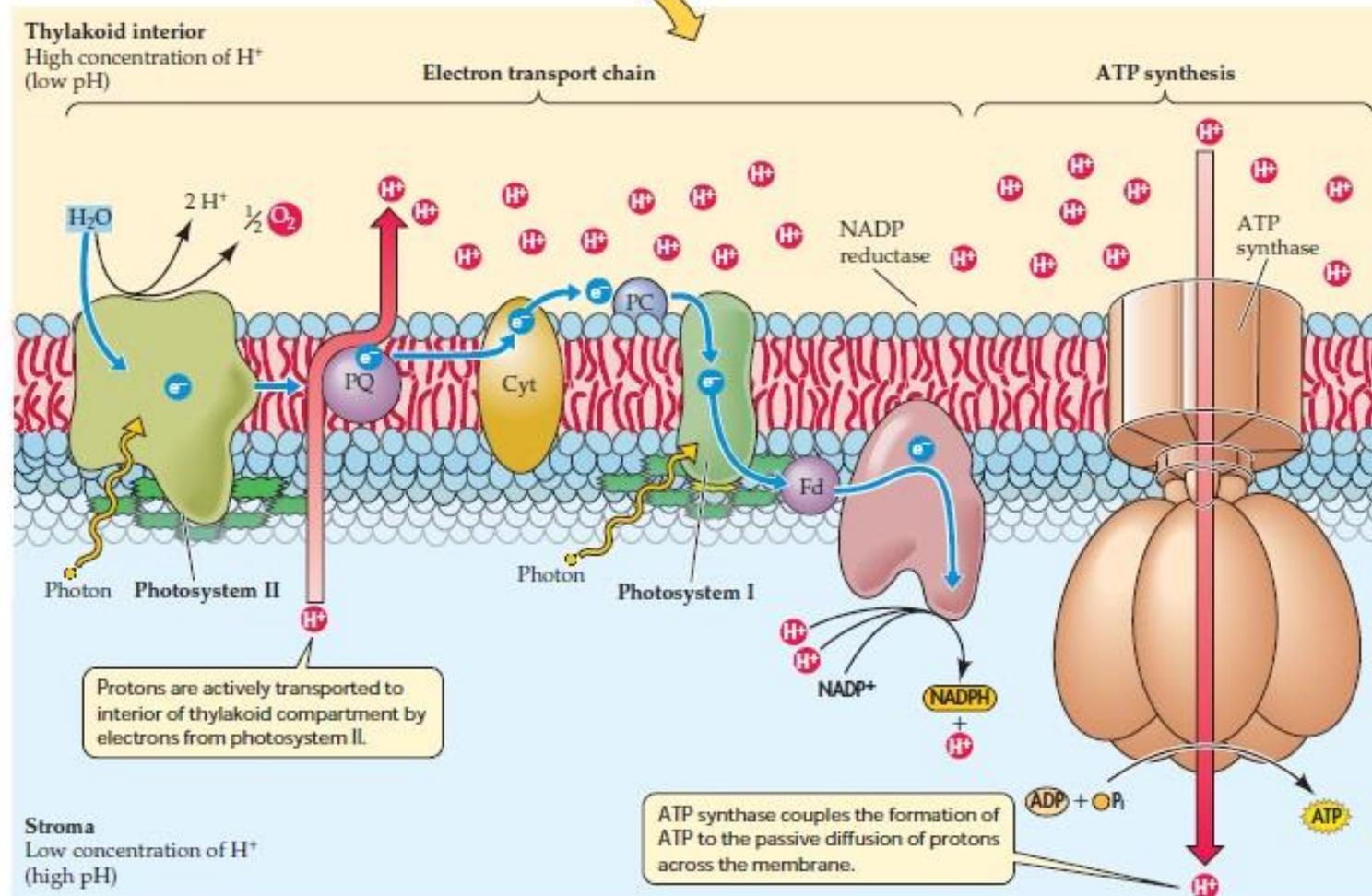
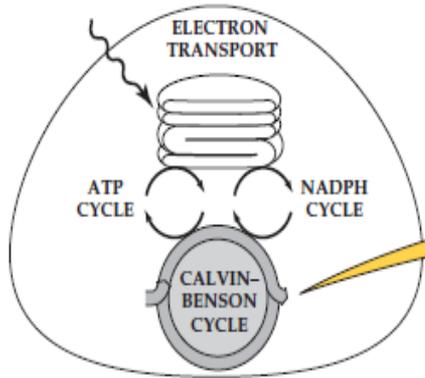


Figura: A produção de NADPH+H e ATP em detalhes no cloroplasto.

light reactions) and a reduction (using the NADPH made in the light reactions).



**8.13 The Calvin-Benson Cycle** The Calvin-Benson cycle uses  $\text{CO}_2$  and the ATP and  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  generated in the light reactions to produce glucose. This diagram shows only the key steps; the values given are those necessary to make one molecule of glucose, which requires six "turns" of the cycle.

**5** RuMP is converted to RuBP in a reaction requiring ATP. RuBP is ready to accept another  $\text{CO}_2$ .

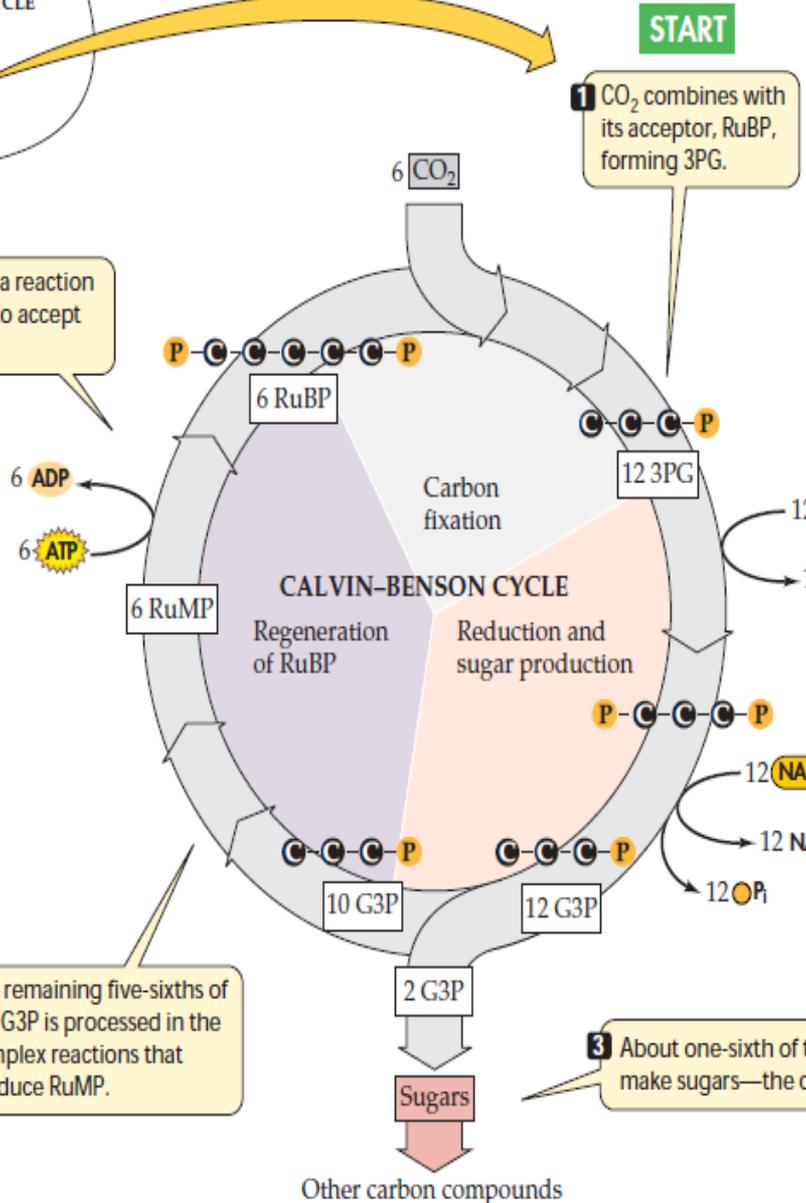


Figura: No ciclo de Calvin-Benson são produzidas moléculas de nutrientes. É chamado ciclo escuro ou independente da luz.

Figura: Elaboração das moléculas nutrientes em detalhes. Observar a rota que produz glicose e amido!

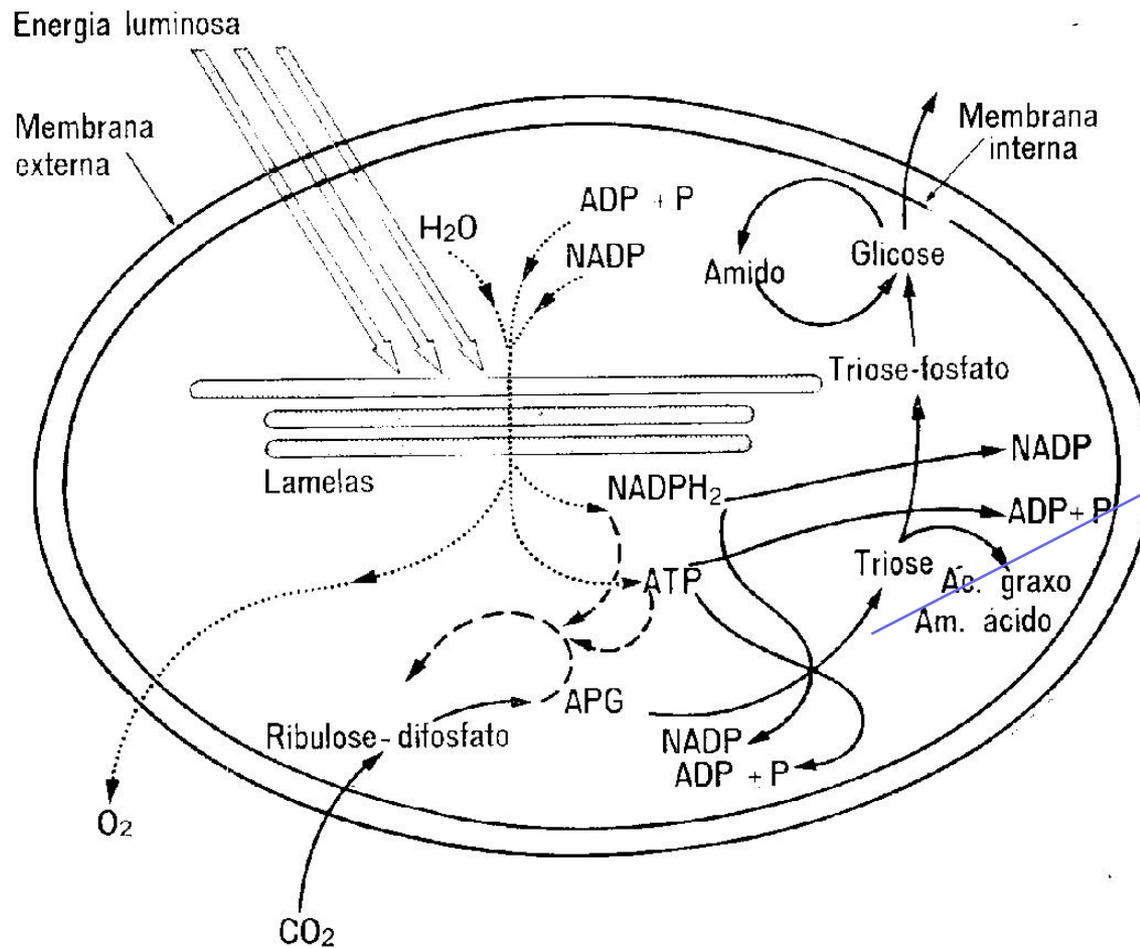
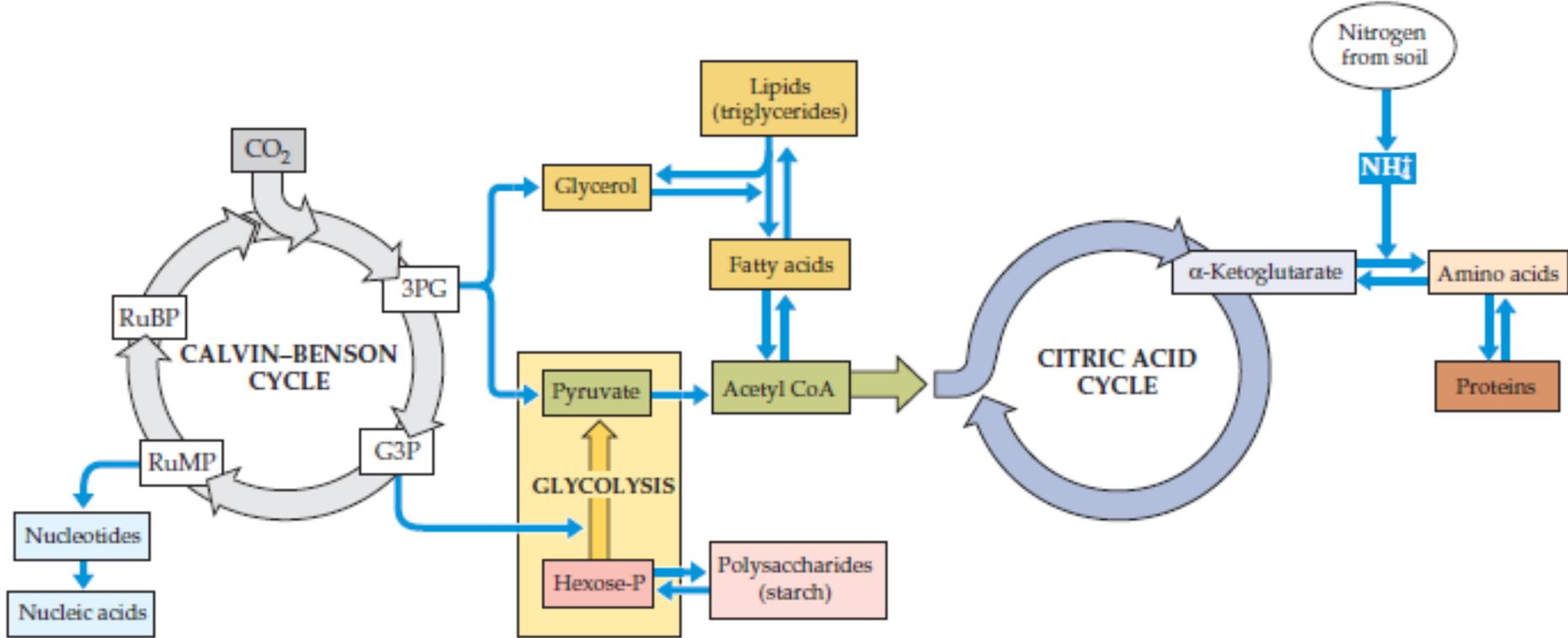


FIG. 12.11. Esta figura ilustra as principais transformações químicas que ocorrem durante a fotossíntese. Na fase clara, a energia luminosa atravessa a membrana do cloroplasto atingindo os grana, onde ocorre a fotólise da água, com produção de  $\text{NADPH}_2$  e  $\text{ATP}$ . Na fase escura, o  $\text{CO}_2$  incorpora-se à ribulose-difosfato, que se transforma em hexose instável (APG) que logo se decompõe em duas moléculas de uma triose, o ácido fosfoglicérico. Este pode ser usado diretamente para a síntese de ácidos graxos e aminoácidos, ou então sofre novas modificações que incluem fosforilação, com gasto de  $\text{ATP}$ , e redução, com consumo de  $\text{NADPH}_2$  e produção de triose-fosfato, a partir do qual são sintetizados os glicídios ou a ribulose-difosfato. Nesta última etapa dá-se também o consumo de  $\text{ATP}$ . A ribulose-difosfato pode combinar-se com o  $\text{CO}_2$ , iniciando assim um novo ciclo. Em resumo, na fase escura dá-se a síntese de ácidos aminados, ácidos graxos e hidratos de carbono a partir de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{ATP}$  e  $\text{NADPH}_2$  adicionados ao sistema.



**8.18 Metabolic Interactions in a Plant Cell** The products of the Calvin-Benson cycle are used in the reactions of cellular respiration (glycolysis and the citric acid cycle).

Figura: Os produtos da fotossíntese permitem a elaboração de moléculas nutrientes na planta e a ligação com a respiração celular e produção de proteínas a partir da fixação do carbono!

