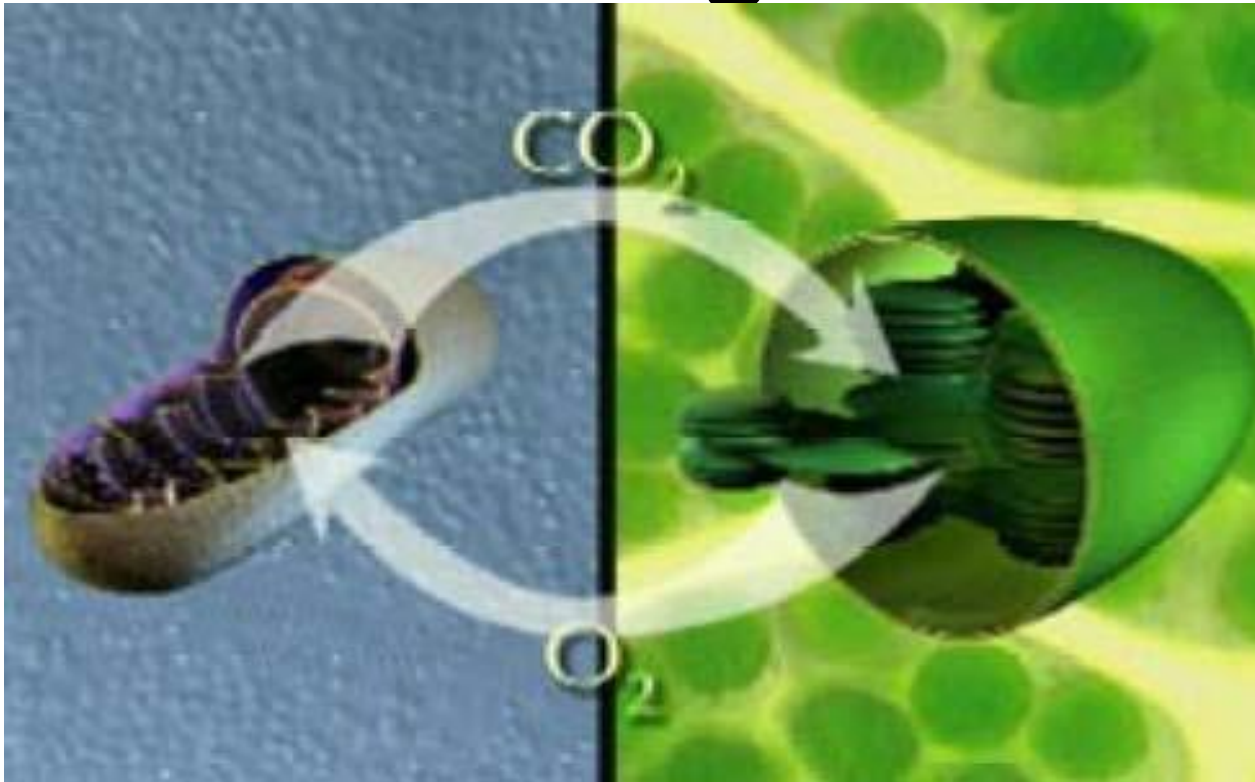


Como as células obtêm energia.

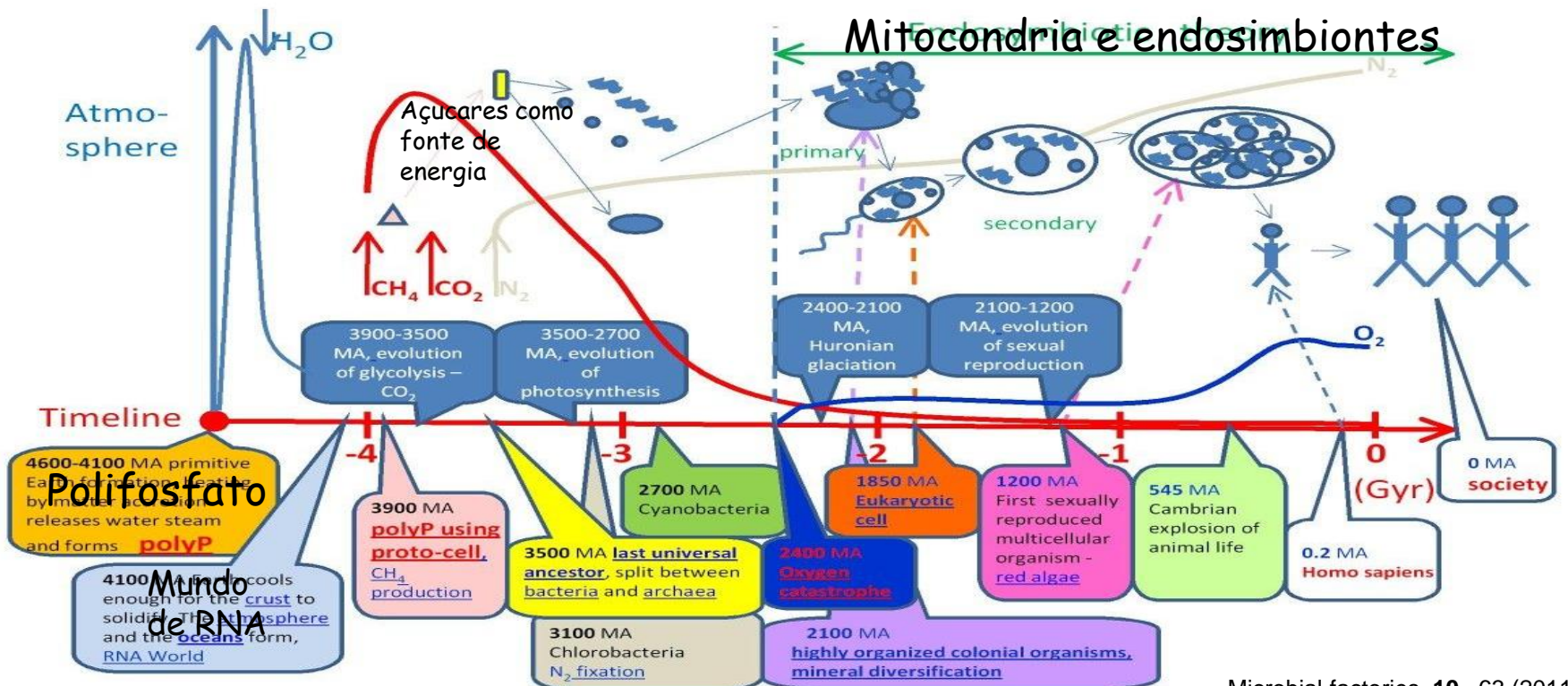


Onde está a energia?

- Sol é a fonte de toda a energia
- Através da fotossíntese, as plantas convertem energia solar em energia química, estocada em açúcares ou outras formas.
- Outros organismos consomem estas moléculas e convertem a energia química para seu uso (animais e saprofitas)
- A energia química portanto depende da ingestão de alimentos, como no automóvel.
 - O catabolismo de açúcares é a forma mais rápida e eficiente de obtenção da energia química.

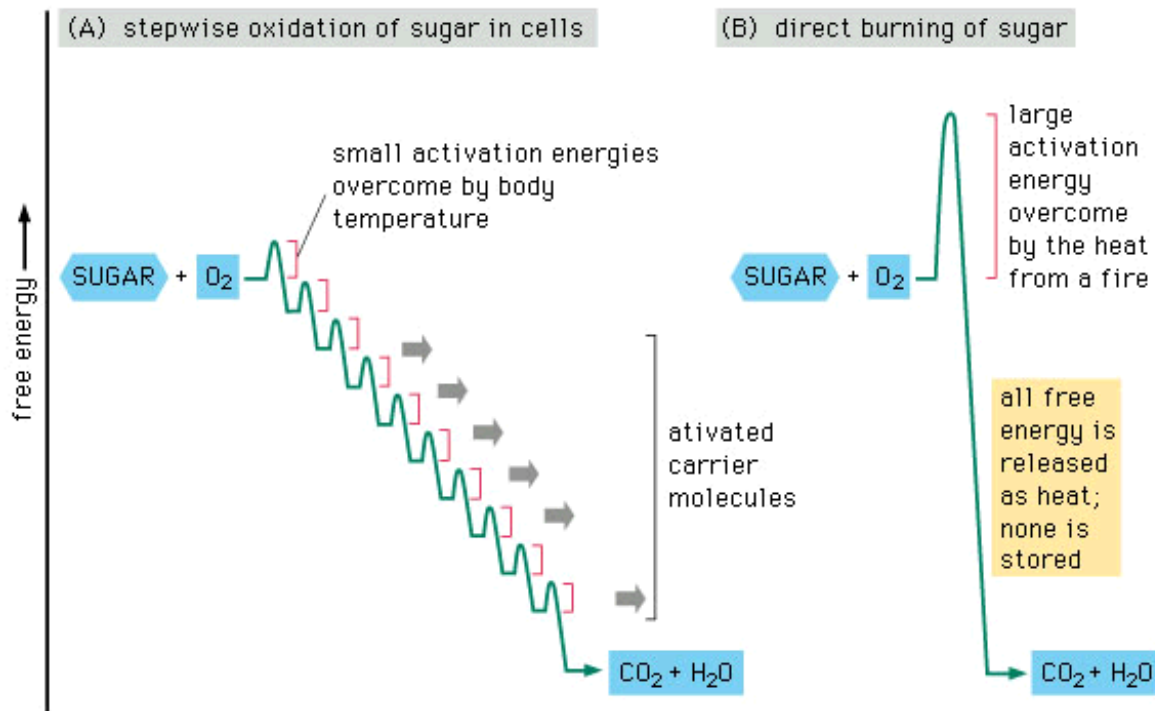
A vida processa energia química

- Os primeiros seres vivos selecionaram formas de estocar e utilizar energia.
 - Captar energia de degradações químicas extremas em pirofosfatos
 - A partir de carbonatos, sulfetos e outros minerais alcalinos ou ácidos
- Todos eles envolvem uma reação de pirofosfato polimérico, um sistema conversível e simples de energia química.
 - Podia ser encontrado na natureza e também sintetizado. Muito forte osmoticamente, difícil de manter no meio intracelular. O ATP é um transportador de pirofosfato.
 - Açúcares são mais amigáveis. Dá trabalho mas conservam e produzem energia de forma mais amigável, permitindo a reciclagem do ATP



Açúcares → Energia química

- O processo usa um padrão escalar, de pequenos passos energéticos, para não transformar muito em calor, diferente da combustão.
- O metabolismo aeróbico (com consumo de O_2) é o mais lucrativo
- Glucose começa e seus metabólitos são também oxidados, por ação de enzimas
- As reações de oxidação devem ser acopladas com as de redução, com moléculas que são catalistas e renovadas (NADH and NADPH)



Açúcares → Energia química

- Os produtos finais do catabolismo de açúcares:
 - CO_2
 - H_2O
 - Catalistas ativados no processo
 - NADH
 - NADPH
 - Na mitocôndria, estas catalistas transferem a energia por oxidação. (perde electrons)
 - Estes electron entre na cadeia de transporte de eletetrons da mitocôndria, gerando ATP.

Localização dos processos de digestão e processamento de açúcares, até em nível celular

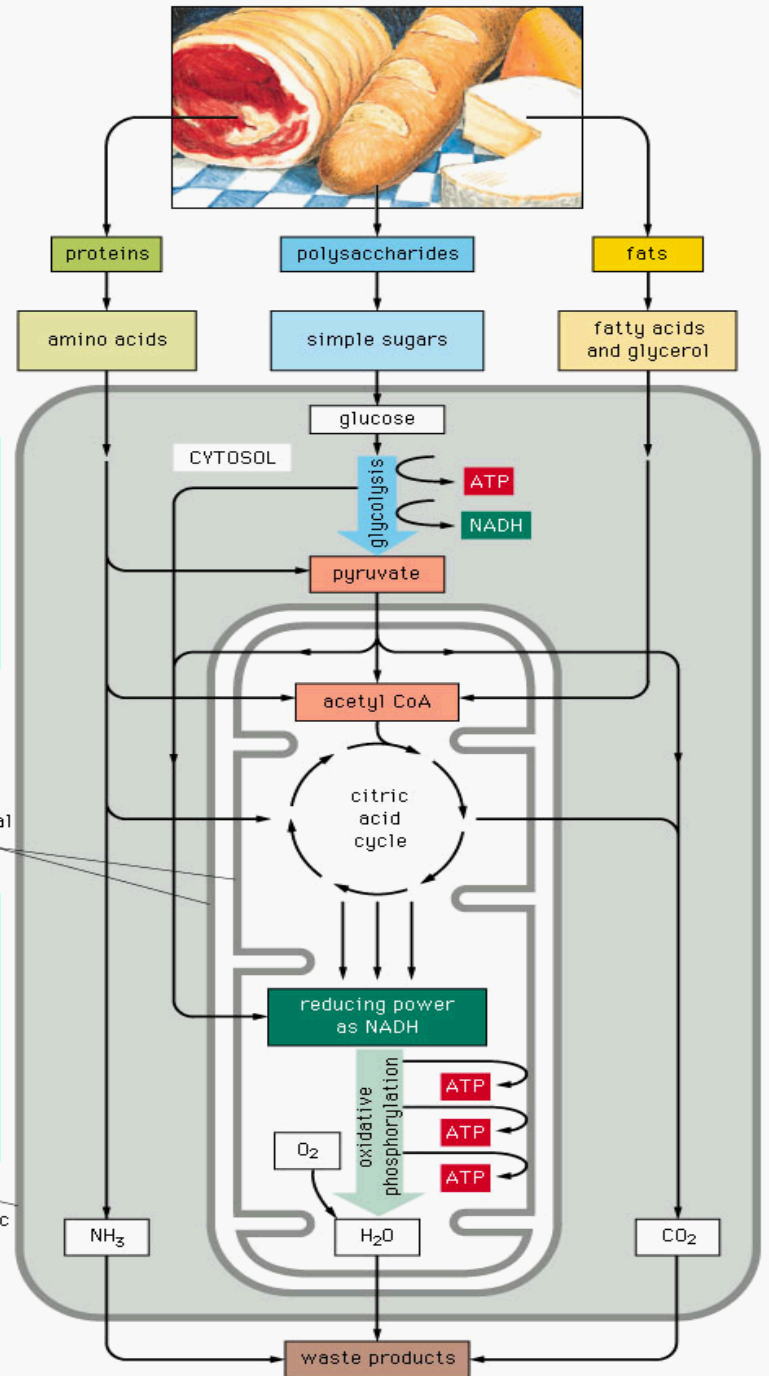
Digestão a monômeros

Quebras de monômeros a acetil-CoA, com pequena produção de catalistas - Glicólise

A Acetil CoA é transportada para a mitocôndria onde é convertida a água e CO₂ com produção grande de NADH e ATP (rendimento de 25%)

mitochondrial membranes

plasma membrane of eucaryotic cell



A glicólise

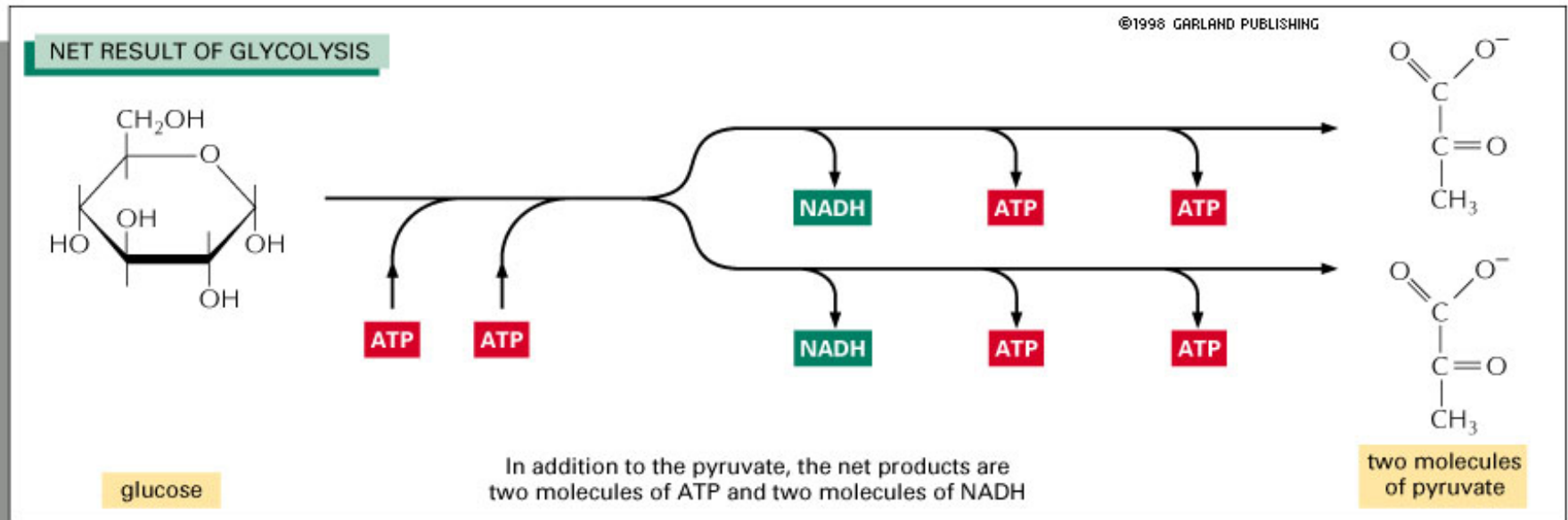
- A glicose é transportada para o citoplasma
 - difusão ou por transporte ativo
 - insulina e potássio (K⁺)
- A glicose de 6 carbonos é clivada em duas moléculas de piruvato de 3 carbonos
 - Outros açúcares podem ser usados para a produção de piruvato.
- Cada molécula de piruvato gera duas moléculas de transporte energético
 - 2 moléculas de ATP (energia)
 - 2 moléculas de NADH (carregam elétrons)
- As moléculas de piruvato são transportadas para dentro da mitocôndria.

O ciclo de consumo do piruvato ou ciclo de Krebs

- Na mitocôndria, o piruvato é quebrado a CO_2 e os dois carbonos restantes adicionados a Acetil-CoA.
 - Acetyl CoA pode também vir de gorduras
- Cada acetyl CoA transfere seus 2 Carbono ao ciclo do ácido cítrico onde moléculas carreadoras são geradas
 - GTP carrega energia
 - $\text{NADH}/\text{FADH}_2$ carregam electrons
- Os electron são adicionados na cadeia de transporte de oxidação fosforilativa
 - Liberam energia pela oxidação **fosforil**ativa
 - O_2 é necessário para a reação $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$
 - ATP é transportado para o citoplasma e outros usos

Fatores limitantes da glicólise

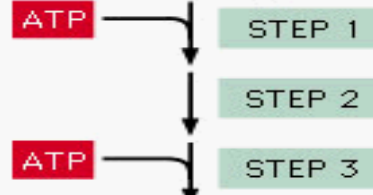
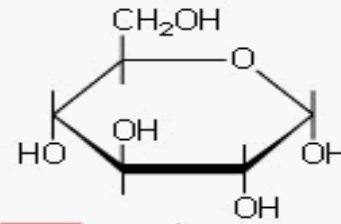
- 10 reações, catalizadas por enzimas específicas
- Os intermediários vão sendo progressivamente mais oxidados através da *via metabólica*



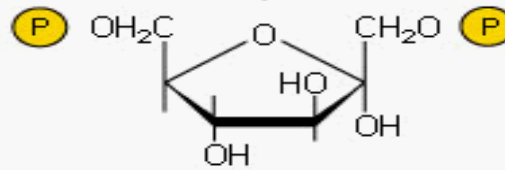
- O processamento posterior destes intermediários gera 4 ATPs.
 - O balanço final é de **2 ATP** produzidos

Visão gráfica do processo

Uma molécula de glicose

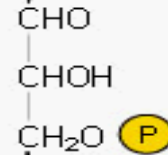


Frutose 1-6 difosfato

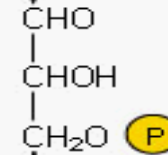


STEP 4

Duas moléculas de gliceraldeido-fosfato



STEP 5



NADH → STEP 6

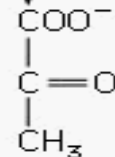
ATP → STEP 7

STEP 8

STEP 9

STEP 10

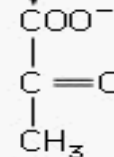
ATP →



Duas moléculas de piruvato

STEP 6 → NADH

ATP →



ATP →

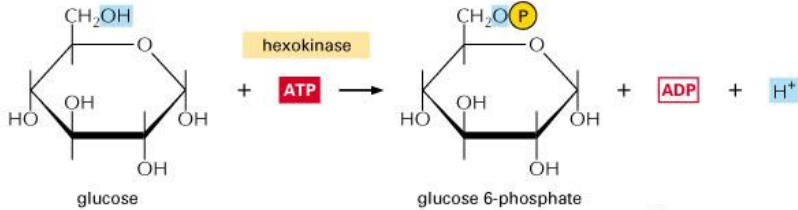
Um investimento energético a ser recuperado depois

Clivagem do açúcar de 6 carbonos em dois açúcares de 03 carbonos

Geração de Energia

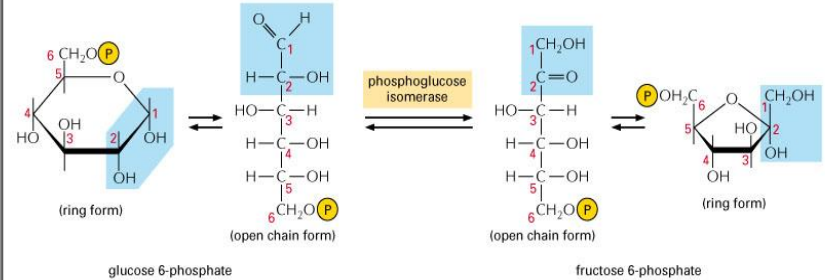
As enzimas da glicólise

Step 1 Glucose is phosphorylated by ATP to form a sugar phosphate. The negative charge of the phosphate prevents passage of the sugar phosphate through the plasma membrane, trapping glucose inside the cell.



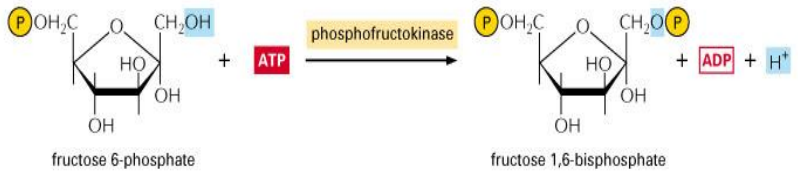
©1998 GARLAND PUBLISHING

Step 2 A readily reversible rearrangement of the chemical structure (isomerization) moves the carbonyl oxygen from carbon 1 to carbon 2, forming a ketose from an aldose sugar. (See Panel 2-3, pp. 56-57.)



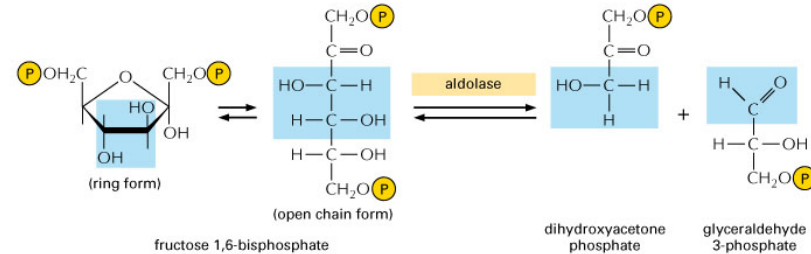
©1998 GARLAND PUBLISHING

Step 3 The new hydroxyl group on carbon 1 is phosphorylated by ATP, in preparation for the formation of two three-carbon sugar phosphates. The entry of sugars into glycolysis is controlled at this step, through regulation of the enzyme *phosphofructokinase*.



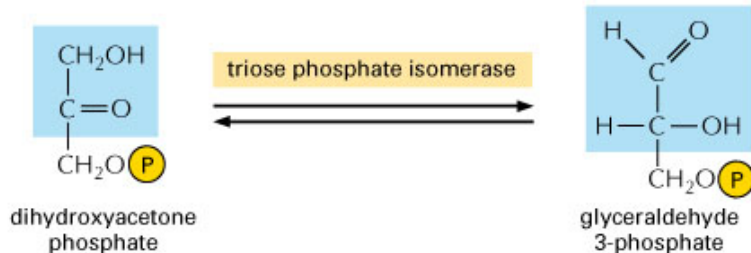
©1998 GARLAND PUBLISHING

Step 4 The six-carbon sugar is cleaved to produce two three-carbon molecules. Only the glyceraldehyde 3-phosphate can proceed immediately through glycolysis.



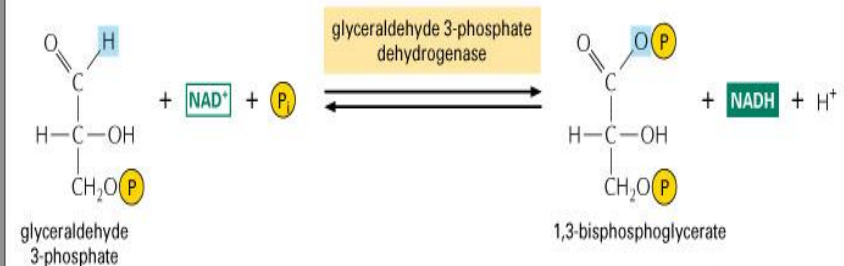
©1998 GARLAND PUBLISHING

Step 5 The other product of step 4, dihydroxyacetone phosphate, is isomerized to form glyceraldehyde 3-phosphate.



©1998 GARLAND PUBLISHING

Step 6 The two molecules of glyceraldehyde 3-phosphate are oxidized. The energy generation phase of glycolysis begins, as NADH and a new high-energy anhydride linkage to phosphate are formed (see Figure 4-5).



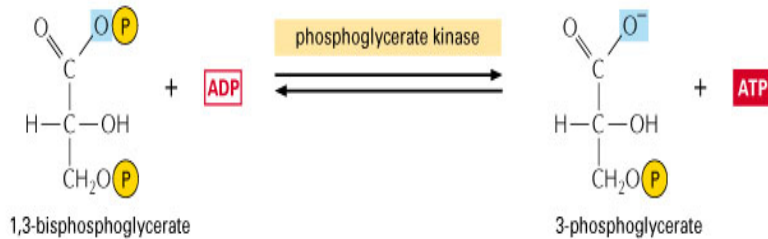
©1998 GARLAND PUBLISHING

As enzimas da glicólise

Step 7

The transfer to ADP of the high-energy phosphate group that was generated in step 6 forms ATP.

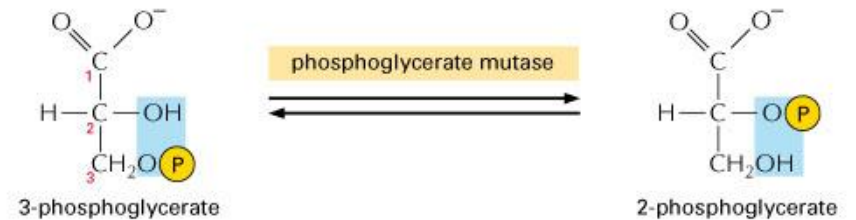
©1998 GARLAND PUBLISHING



Step 8

The remaining phosphate ester linkage in 3-phosphoglycerate, which has a relatively low free energy of hydrolysis, is moved from carbon 3 to carbon 2 to form 2-phosphoglycerate.

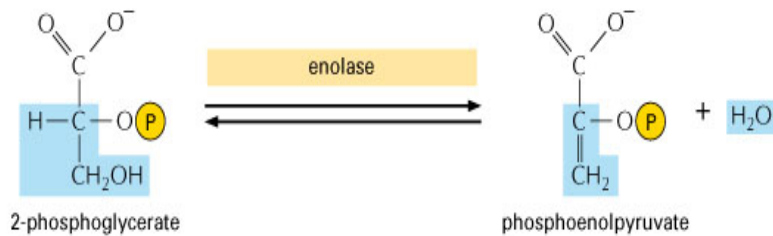
©1998 GARLAND PUBLISHING



Step 9

The removal of water from 2-phosphoglycerate creates a high-energy enol phosphate linkage.

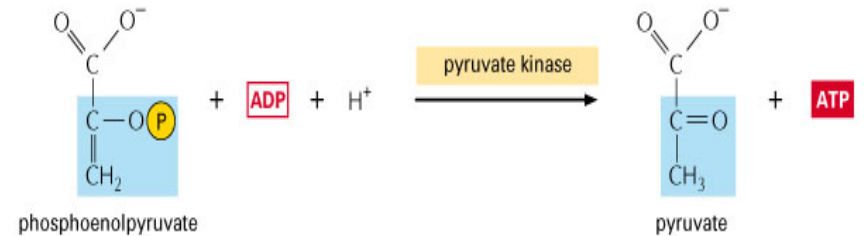
©1998 GARLAND PUBLISHING



Step 10

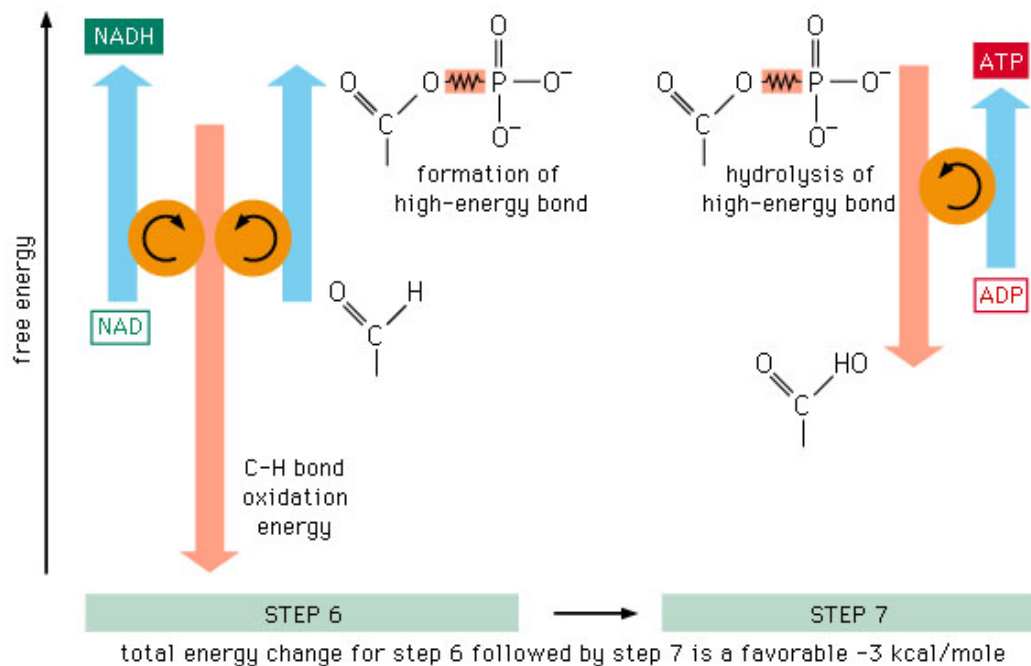
The transfer to ADP of the high-energy phosphate group that was generated in step 9 forms ATP, completing glycolysis.

©1998 GARLAND PUBLISHING



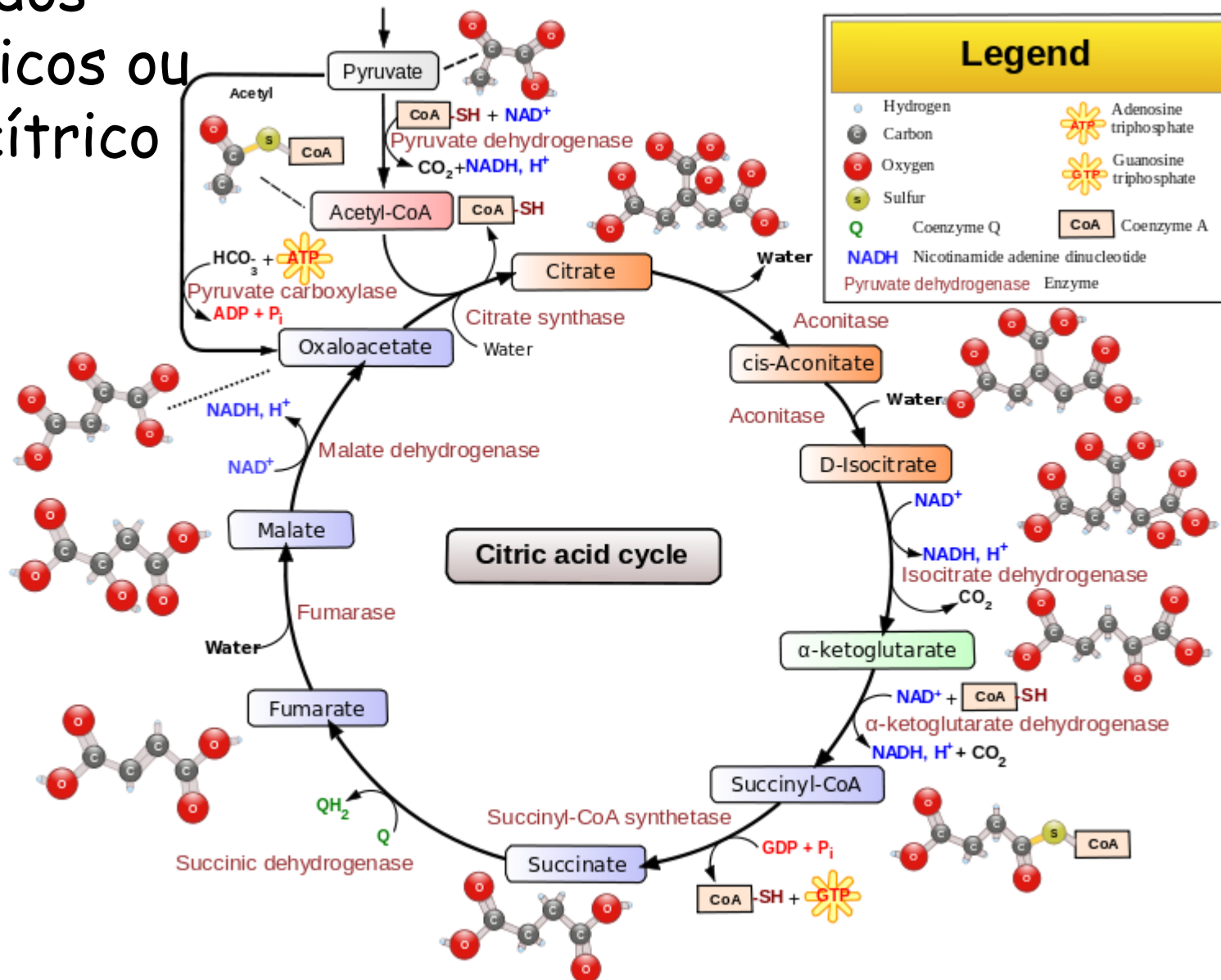
Balanço energético

- Este é um processo de guardar energia mediado por enzimas ligado a reações que criam ligações químicas energéticas
- Cada um dos intermediários tem mais energia que o anterior
 - Tem uma ponte de fosfato de alta energia (a 2ª maior)
 - Usa uma molécula de NADH que vai gerar mais energia quando participar da oxidação fosforilativa.



Ciclo de Krebs ou dos ácidos tricarboxílicos ou do ácido cítrico

- Primeiro precisa quebrar a glicose a piruvato



As ligações de fosfato energéticas

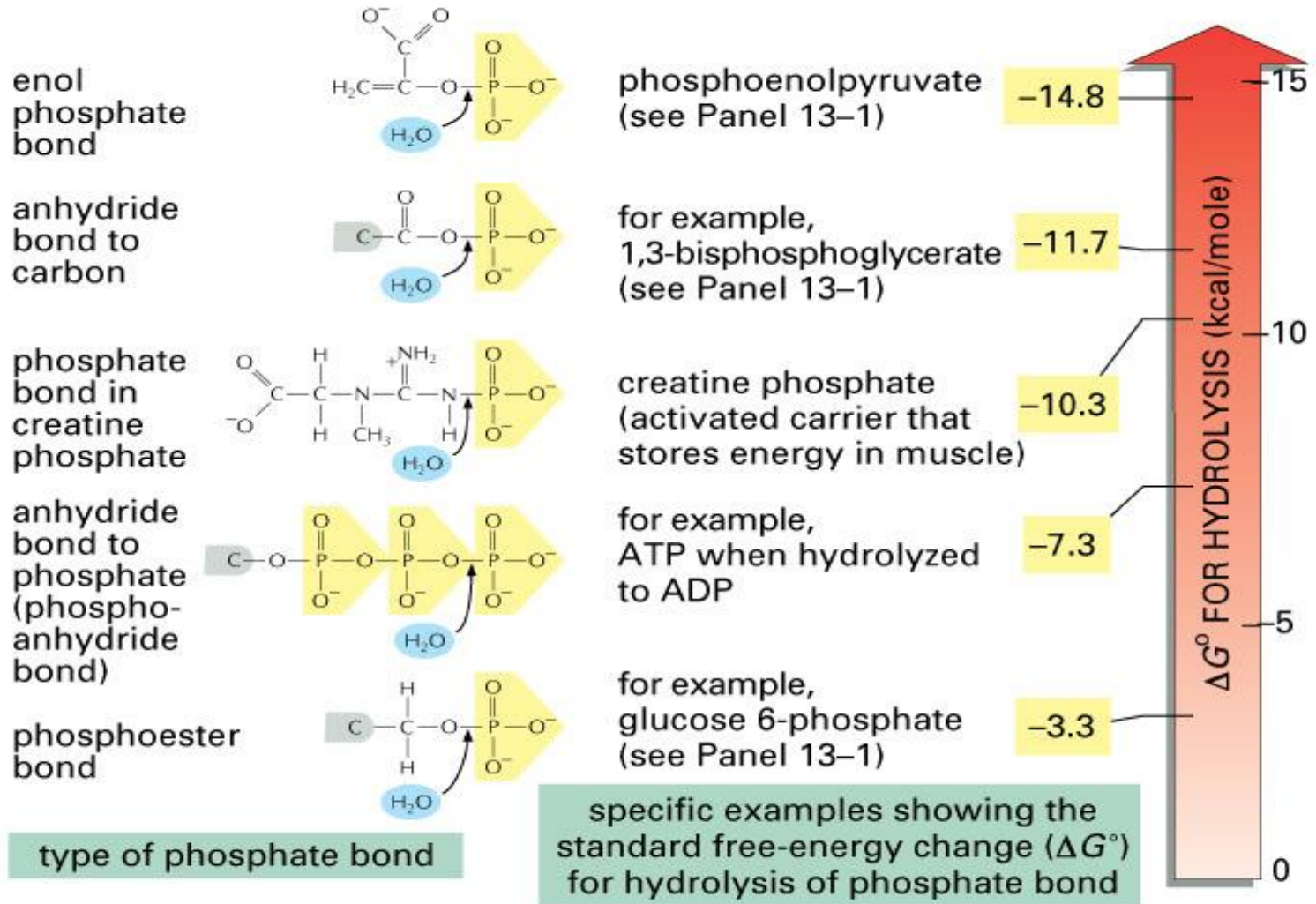


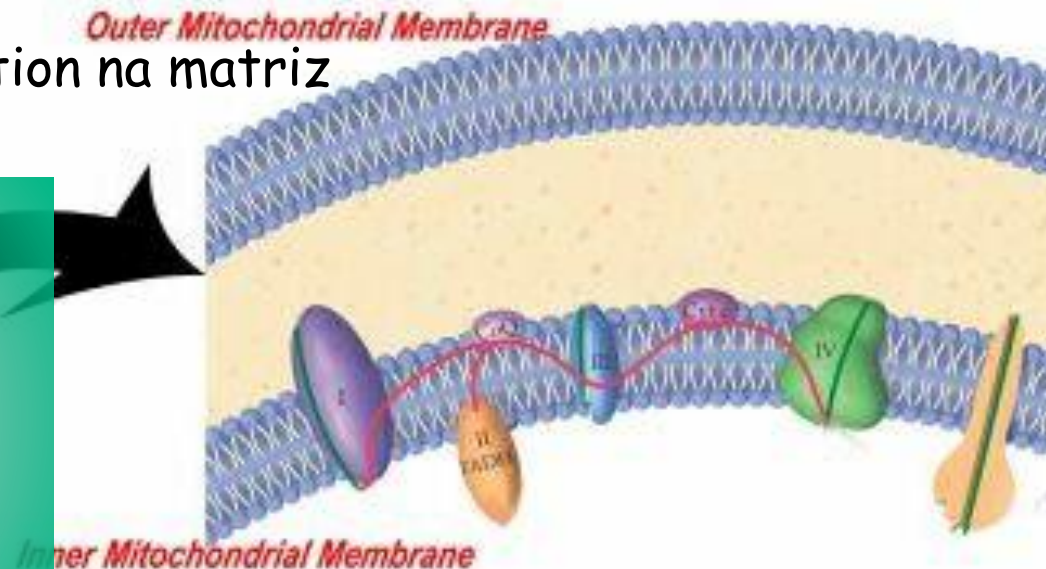
Figure 13-7 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)

Transporte de eletrons e
oxidação fosforilativa

reduz tudo a CO_2 e água

A escrava mais fiel, a mitocôndria

- A membrana externa é relativamente permeável.
- A membrana interna só é permeável aos que tem proteínas transportadoras específicas
 - Impermeável ao NADH e FADH₂
 - Permeável ao piruvato
- Compartimentalização
 - Ciclo de Krebs e β -oxidation na matriz
 - Glicólise no citosol



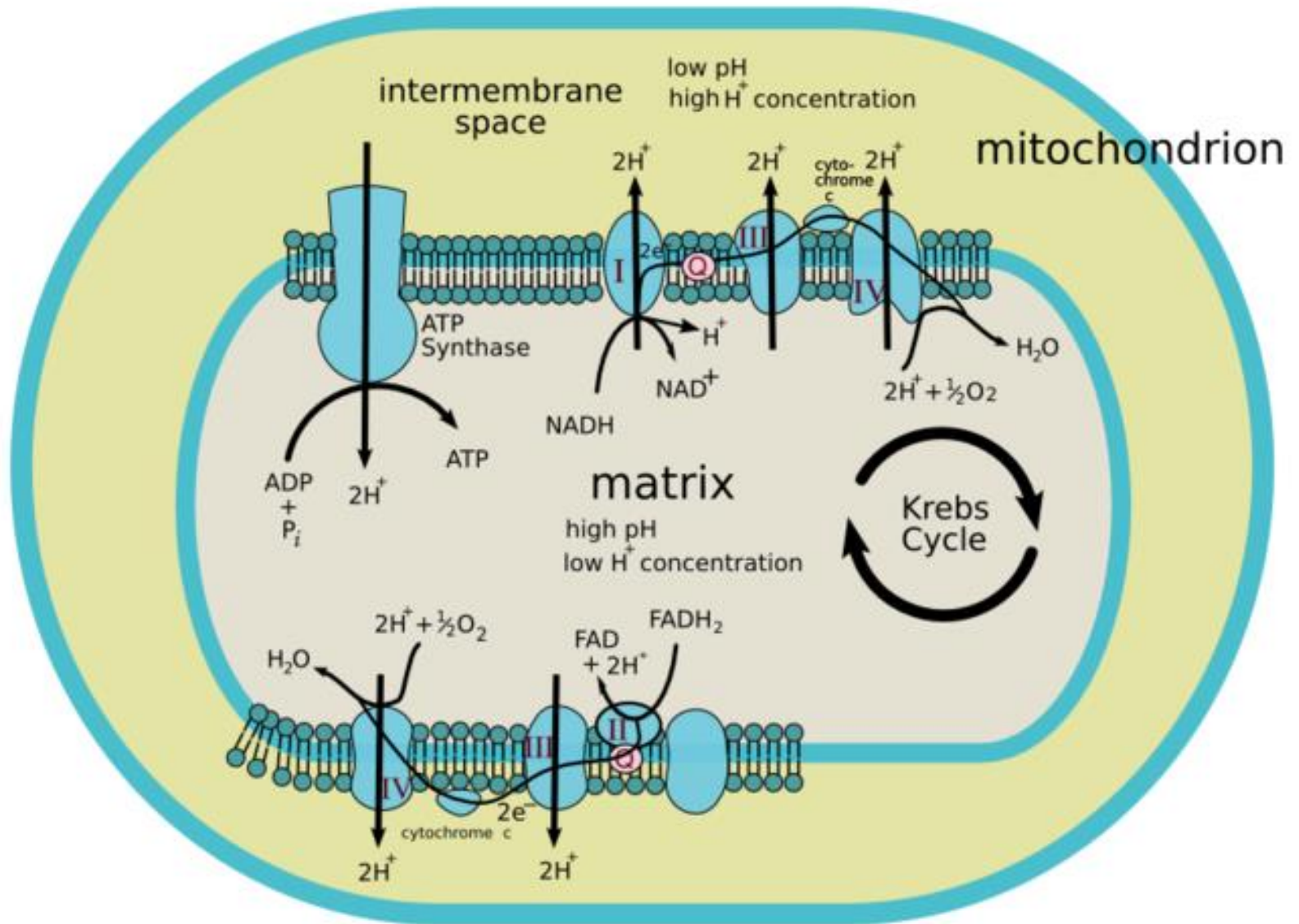
A energia é transferida por reações de óxido-redução

- Os eletrons são transferidos para NAD e FAD
 - Glicolise no citosol produz 2 NADH
 - A desidrogenação do piruvato na matriz mitocondrial produz 2 NADH por glicose
 - O ciclo de Krebs na matriz mitocondrial produz 6 NADH e 2 FADH₂ / glucose
- Estas são transformadas em ATP por grupos de proteínas de oxido redução na membrana mitocondrial
 - Ligantes de NADH e FADH₂
 - No lado interna da membrana da mitocondria
 - Electrons são tranferidos para as proteínas redox
 - NADH → NAD⁺
 - FADH₂ → FAD

4 Complexos de proteínas redox

- Tem que estar na sequencia certa
- Sempre 2 electrons in specific order
- Proteinas localizadas em complexos
 - Embebidas na membrana(Bom isolamento)
 - Transferencia simples
 - Os electron reduzem o oxigenio a água
 - $2 H^+ + 2 e^- + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$

Mitochondrial Electron Transport Chain



Como o ATP é gerado:

- A sintetase de ATP dependente de protons(H^+)
 - Usa o gradiente de H^+ para fazer ATP
 - Protons são bombeados através de um canal para a enzima.
 - Do espaço entre as membranas para a matriz mitocondrial
 - $\sim 4 H^+ / ATP$
 - Chamada de teoria quimioosmótica

Totals

NADH

$$10 \text{ H}^+ \times \frac{1 \text{ ATP}}{4 \text{ H}^+} = 2.5 \text{ ATP}$$

FADH₂

$$6 \text{ H}^+ \times \frac{1 \text{ ATP}}{4 \text{ H}^+} = 1.5 \text{ ATP}$$

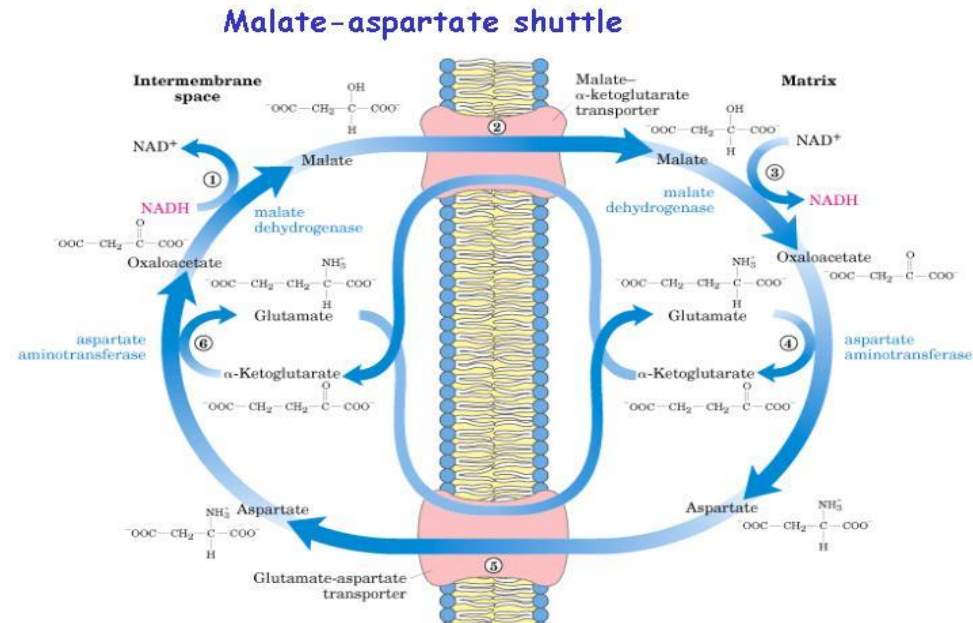
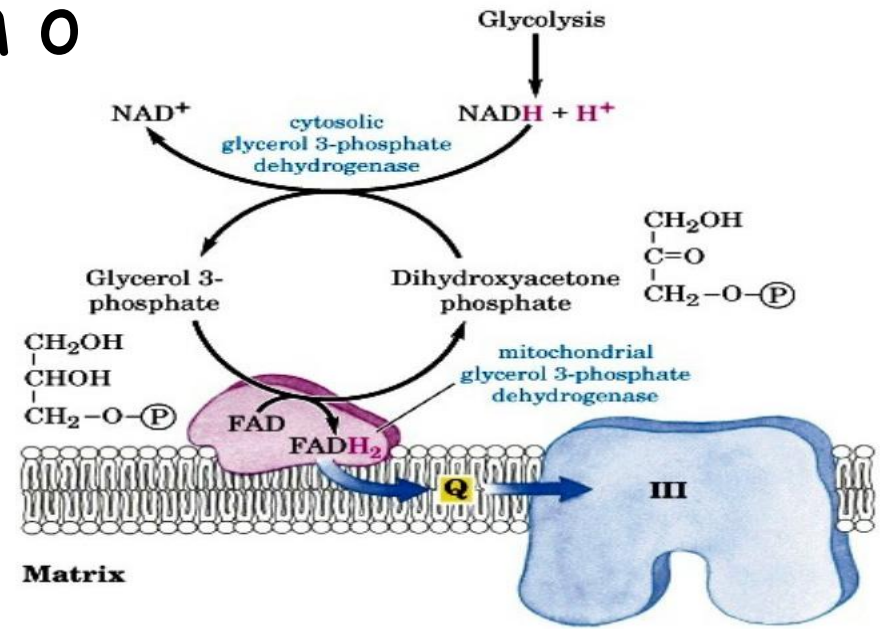
Balanco total de ATP na matriz mitocondrial

- da piruvato desidrogenase
 - NADH2.5 ATP
 - do ciclo de Krebs

3 NADH X 2.5 ATP/NADH	7.5 ATP
FADH ₂ X 1.5 ATP / FADH ₂	1.5 ATP
GTP X 1 ATP / GTP	<u>1.0 ATP</u>
Total	12.5 ATP
- (Por molecula de glucose = X 2 = 25 ATP)

E o que acontece com o NADH feito na glicólise?

- NADH feito no citosol e não passa a membrana para ir a mitocondria
- 2 mecanismos de transporte
 - Em musculo e cérebro
 - Ponte do glicerofosfato
 - Em fígado e musculo
 - Ponte do malato/aspartato



Assim o balanço de ATP acaba sendo diferente em cada órgãos.

• Ponte de glicerofosfato (musculo e cerebro)

- 2 NADH per glucose \rightarrow 2 $FADH_2$
- 2 $FADH_2$ X 1.5 ATP / $FADH_2$ 3.0 ATP
- 2 ATP na glicolise 2.0 ATP Mais rápido
- Do piruvato via Krebs
 - 12.5 ATP X 2 per glucose 25.0 ATP

Total = 30.0 ATP/ glucose

• Ponte do malato/aspartato (Fígado e coração)

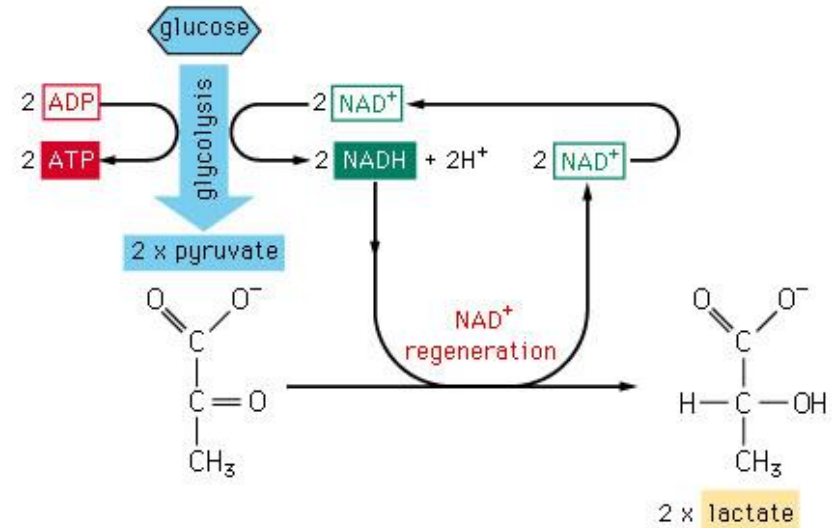
- 2 NADH per glucose \rightarrow 2 NADH
- 2 NADH X 2.5 ATP / NADH 5.0 ATP
- 2 ATP na glicolise 2.0 ATP Mais lento
- Do piruvato via Krebs
 - 12.5 ATP X 2 per glucose 25.0 ATP

Total = 32.0 ATP/ glucose

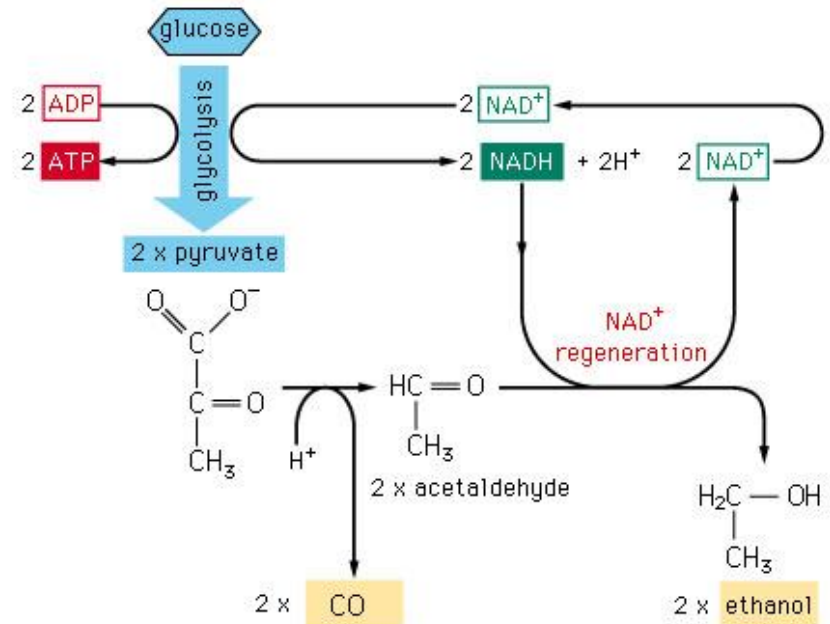
Fermentação ou glicólise anaeróbica

- Pode gerar ATP na ausência de O₂ – **anaeróbica**
- Organismos anaeróbicos criam ATP através da glicólise seguida de conversão do piruvato a etanol e CO₂ em fungos ou lactato em musculo.
- Process called **fermentation**

(A) FERMENTATION LEADING TO EXCRETION OF LACTATE

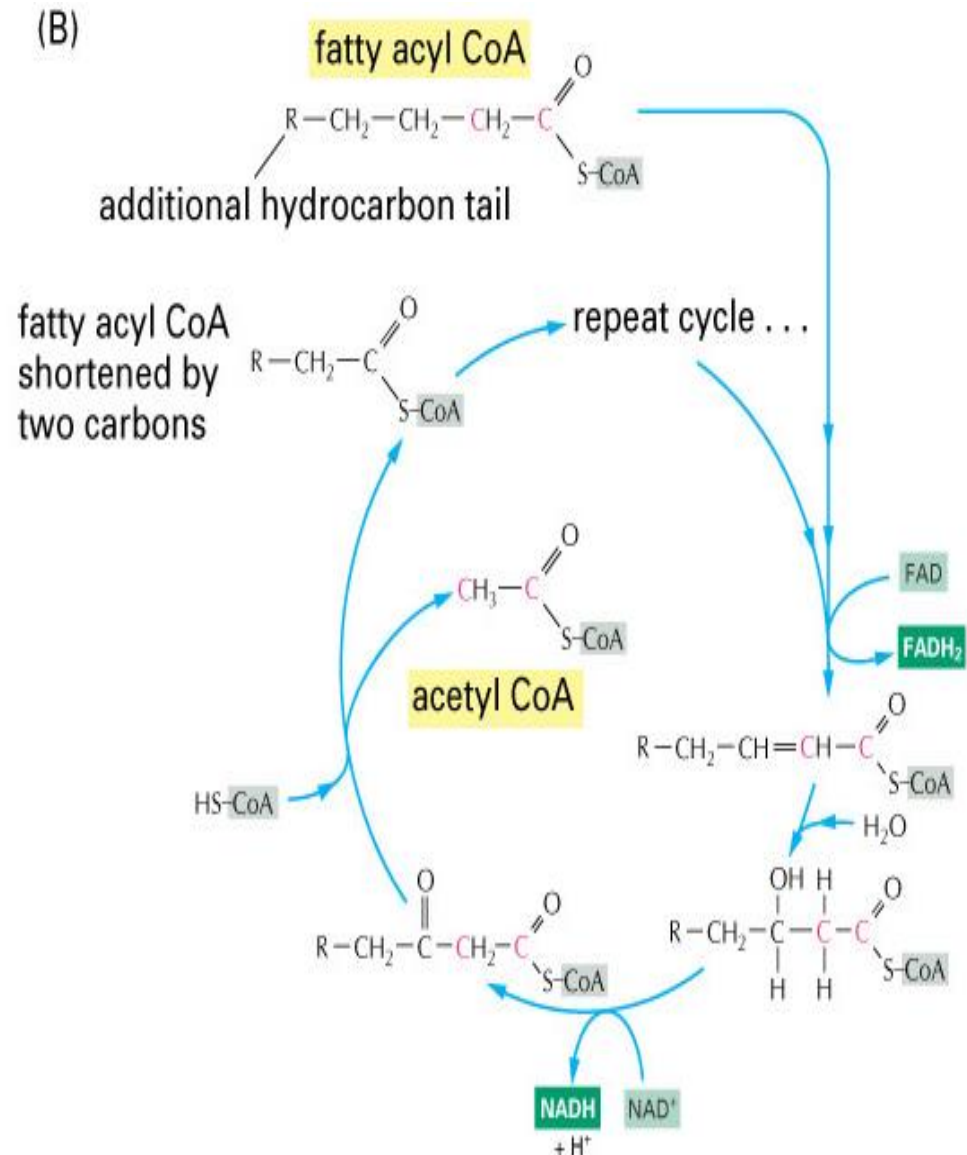


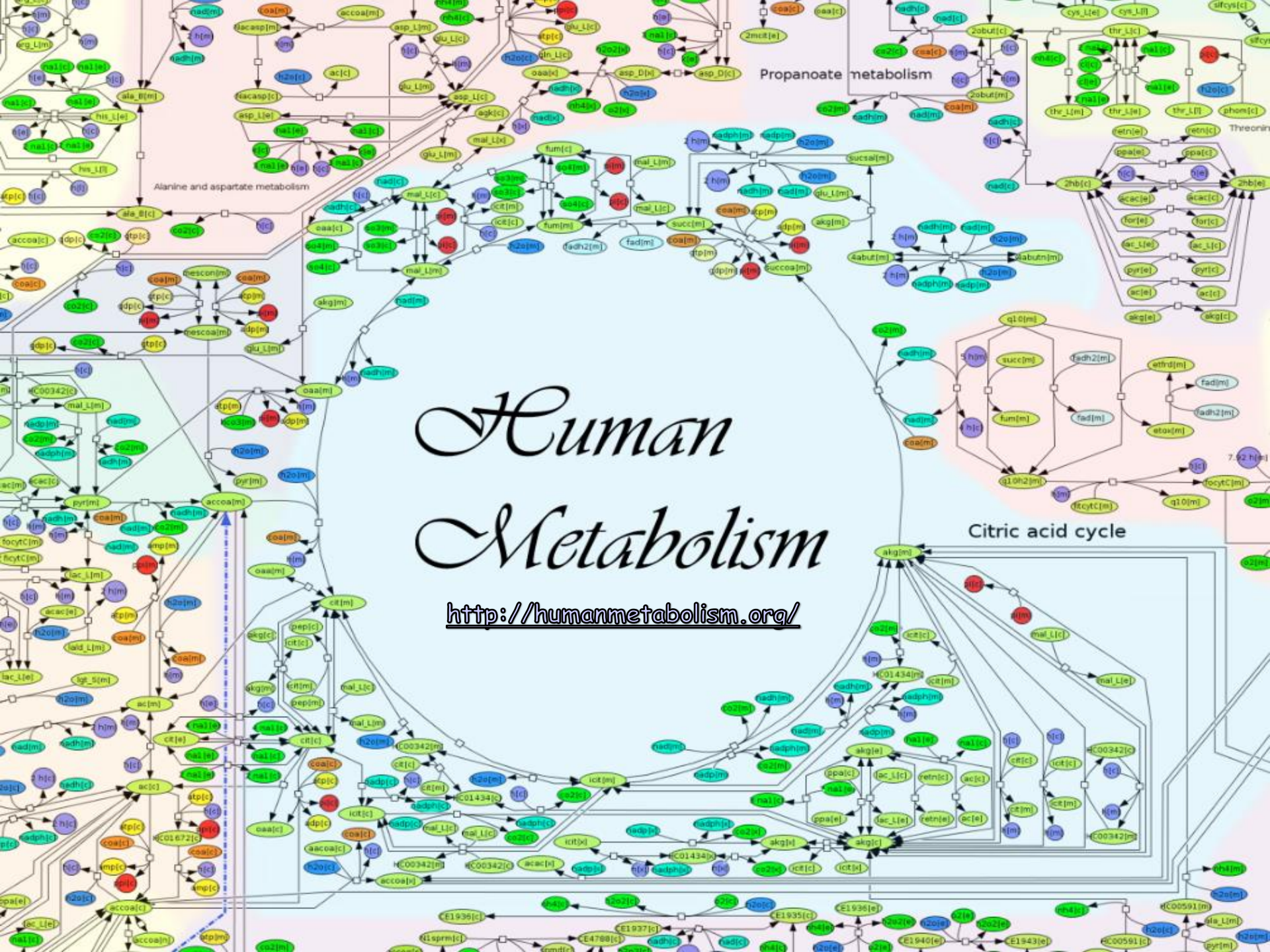
(B) FERMENTATION LEADING TO EXCRETION OF ALCOHOL AND CO



Ácidos graxos como fonte de energia

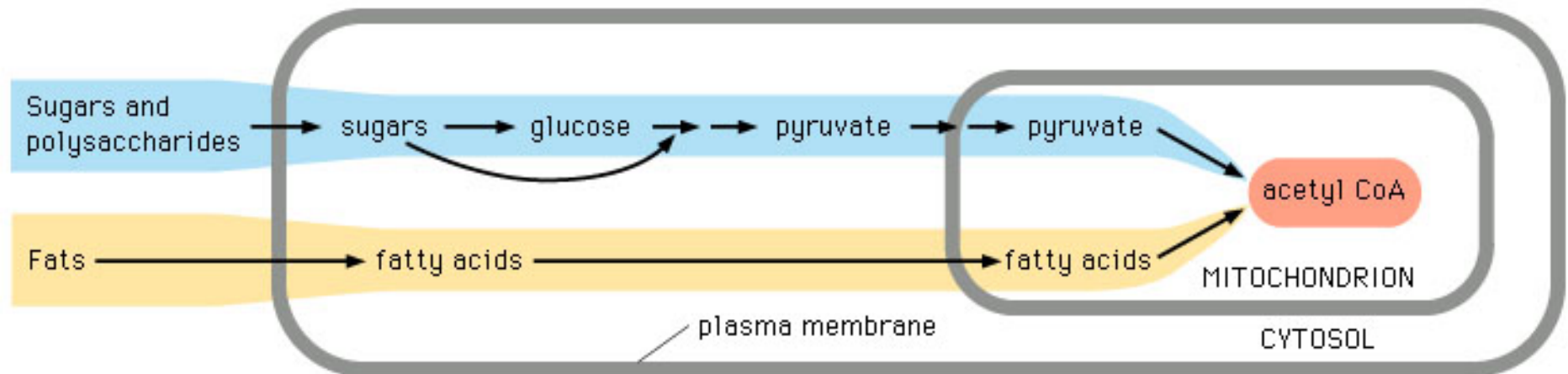
- Os ácidos graxos tem seu metabolismo relacionado a coenzima A (CoA) e a acetil CoA pode entrar no ciclo de Krebs
- Para cada acetil CoA são gerado um NADH e um FADH₂ que podem entrar no transporte de eletrons e gerar ATP na mitocondria
- Outras moléculas também podem ser transformadas pelo metabolismo em acetilCoA e usadas da mesma forma.





A energia produzida na mitocôndria

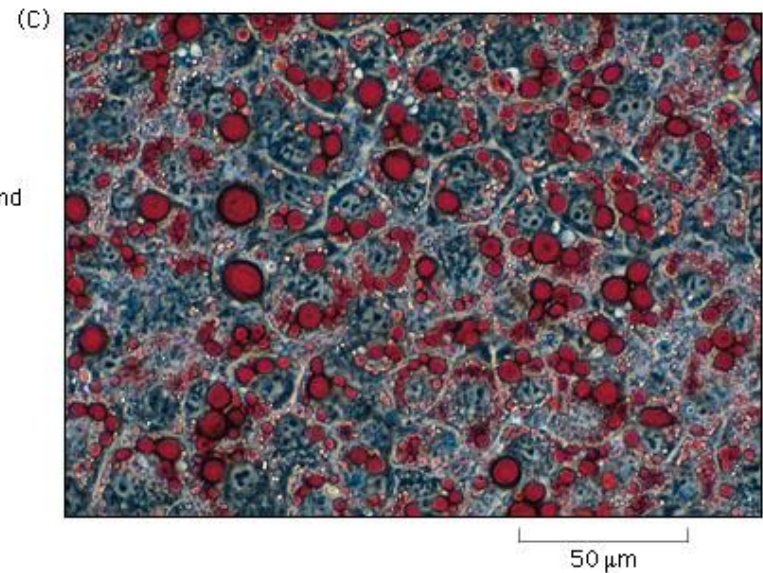
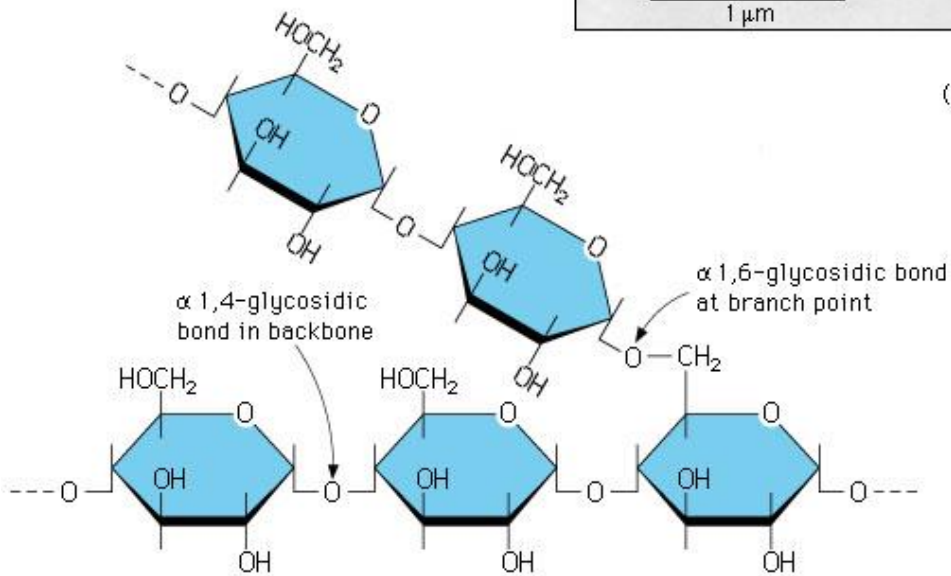
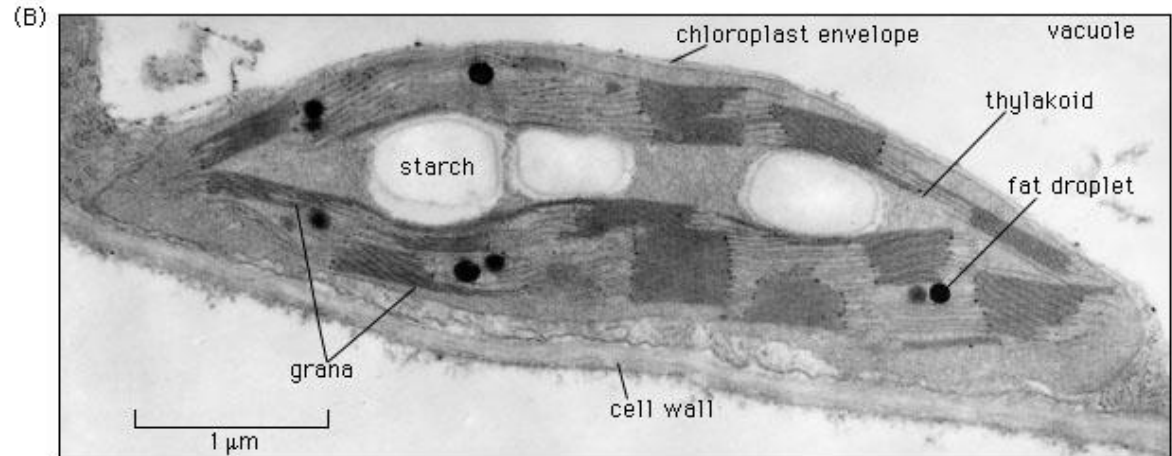
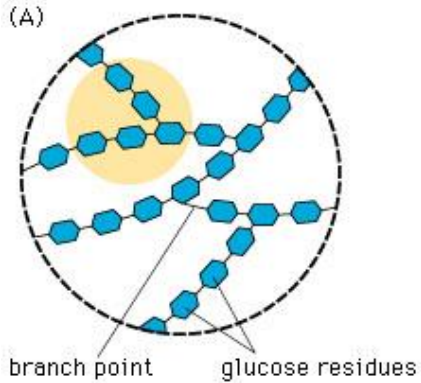
- Gorduras e açúcares são as maiores fontes de energia
- Acetil CoA é feita e renovada na mitocôndria
- Esta molécula é a chave do transporte de elétrons e portanto toda a energia está na mitocôndria
- Nas bactérias e arqueanas a glicólise e o ciclo de Krebs ou do ácido cítrico ocorrem no citosol



Estocando a energia

- A energia não pode ser estocada na forma de ATP.
 - Geramos ATP continuamente
 - Queimamos estoques de precursores, açúcares ou gorduras
- Ácidos graxos em células gordurosas ou gotículas de gorduras dentro das células
 - Guarda mais energia, mas demora para recuperar
 - Mais energia por grama do que açúcar.
- Pode-se polimerizar a glicose em glicogênio
 - Diminui a força osmótica e permite o estoque
 - Rapidamente mobilizado na falta de glicose
 - Rapidamente sintetizado no excesso de glicose
 - Há limites.
 - Sua degradação libera glicose fosfato facilmente usada na glicólise

Estoque de açucars em plantas e mamíferos.

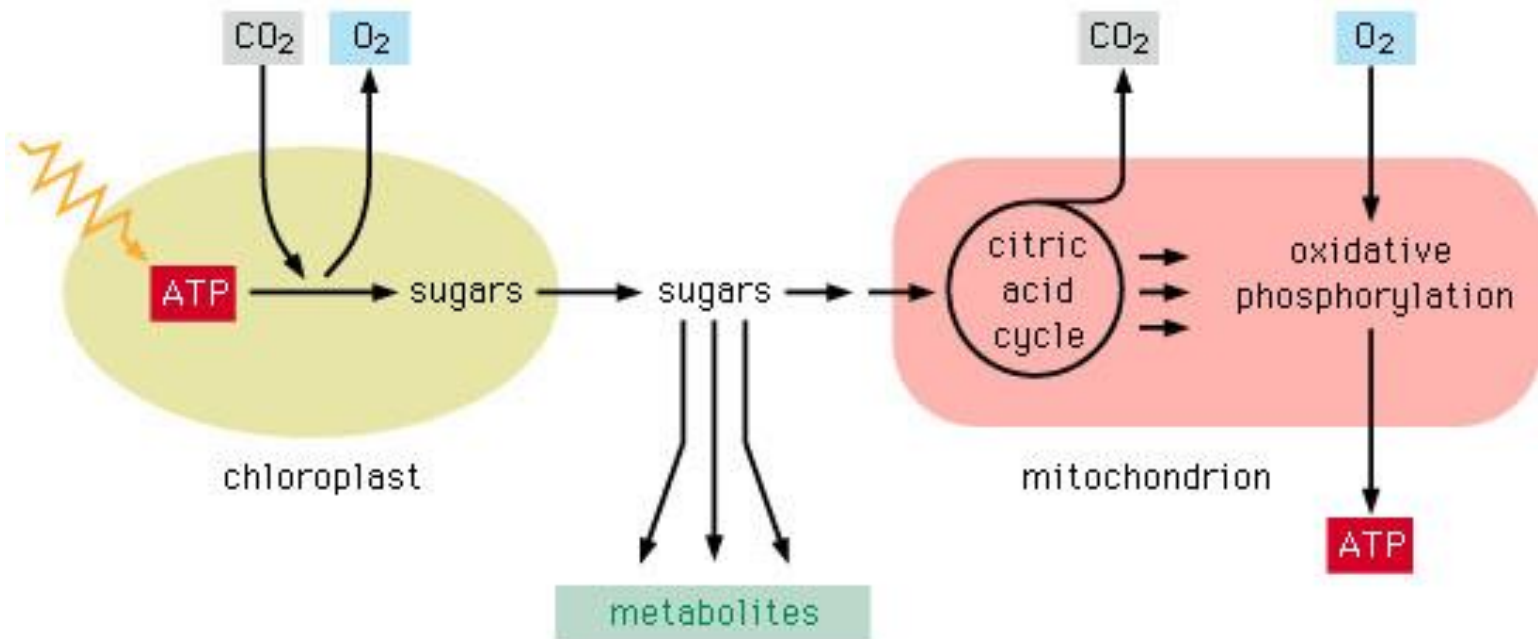


Plantas e outros

- Tem dois ou mais escravos fieis.
 - Tem amiloplastos, cloroplastos e mitocôndrias.
- Amiloplastos convertem a glicose em amido,
 - Amido é um polímero menos solúvel e mais facilmente estocável.
- Cloroplastos transformam a energia luminosa em AcetilCoA e fazem glicogenese.(fotosíntese)
- As mitocôndrias podem gerar ATP (respiração)
 - Durante ou após a fotosíntese.
 - Importante em raízes e a noite.
- Os açúcares podem ser convertidos tanto em amidos como em ácidos graxos.

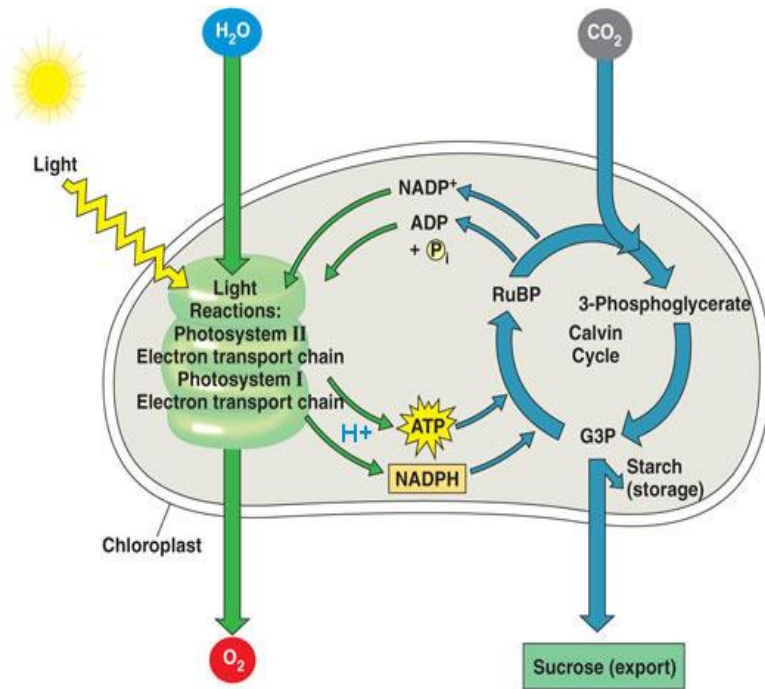
Cloroplastos e mitocôndrias

- O ATP e o NADPH produzidos no cloroplasto não conseguem sair
- Tem que ser convertidos em açúcares para sair
- Podem sofrer glicólise e entrar na mitocôndria
- Podem ser estocados no amiloplasto



O cloroplasto parece uma mitocôndria ao contrário.

Como os metabólitos são os mesmos, tudo é intercambiável



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Na realidade, ele é uma cianobacteria que foi escravizada

Anatomy of the Plant Cell Chloroplast

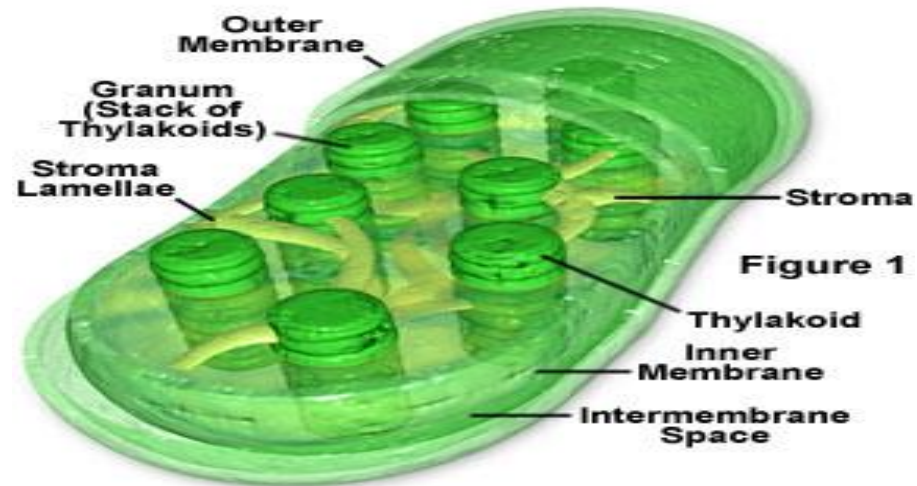
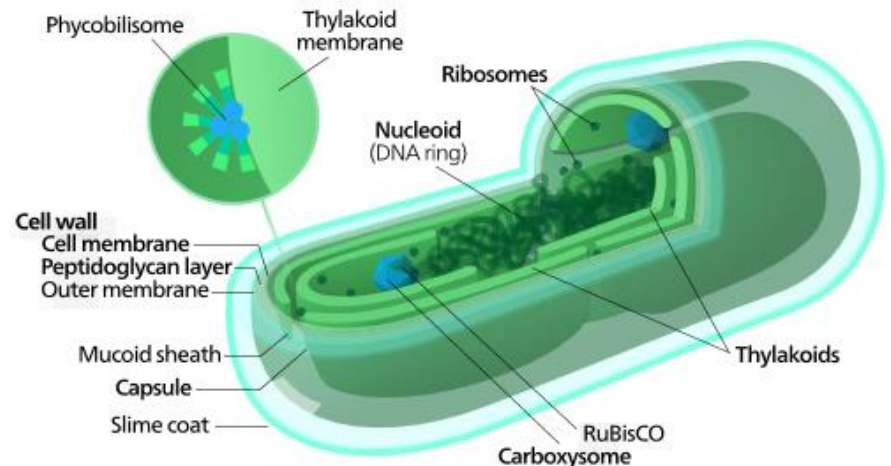
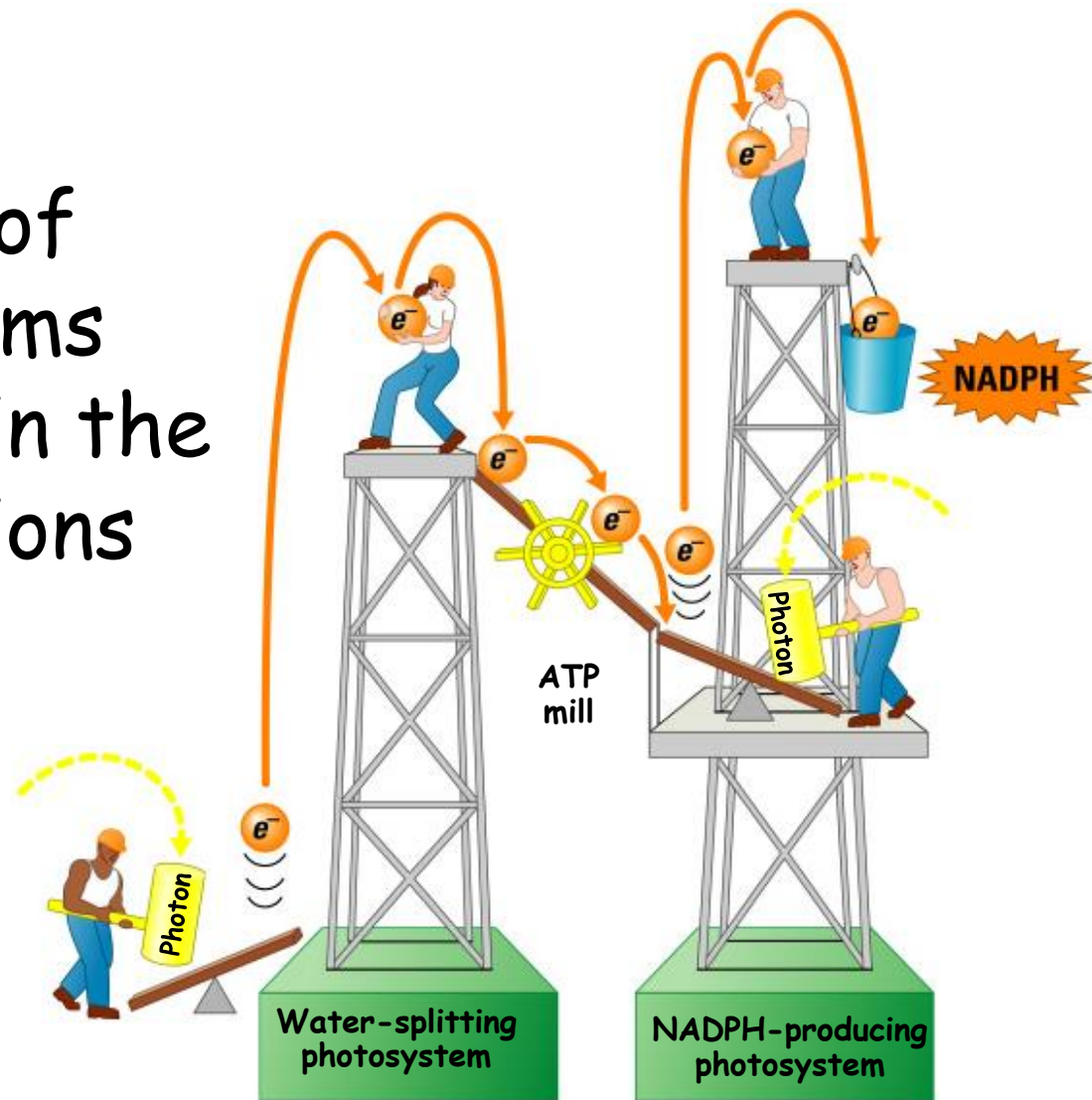


Figure 1

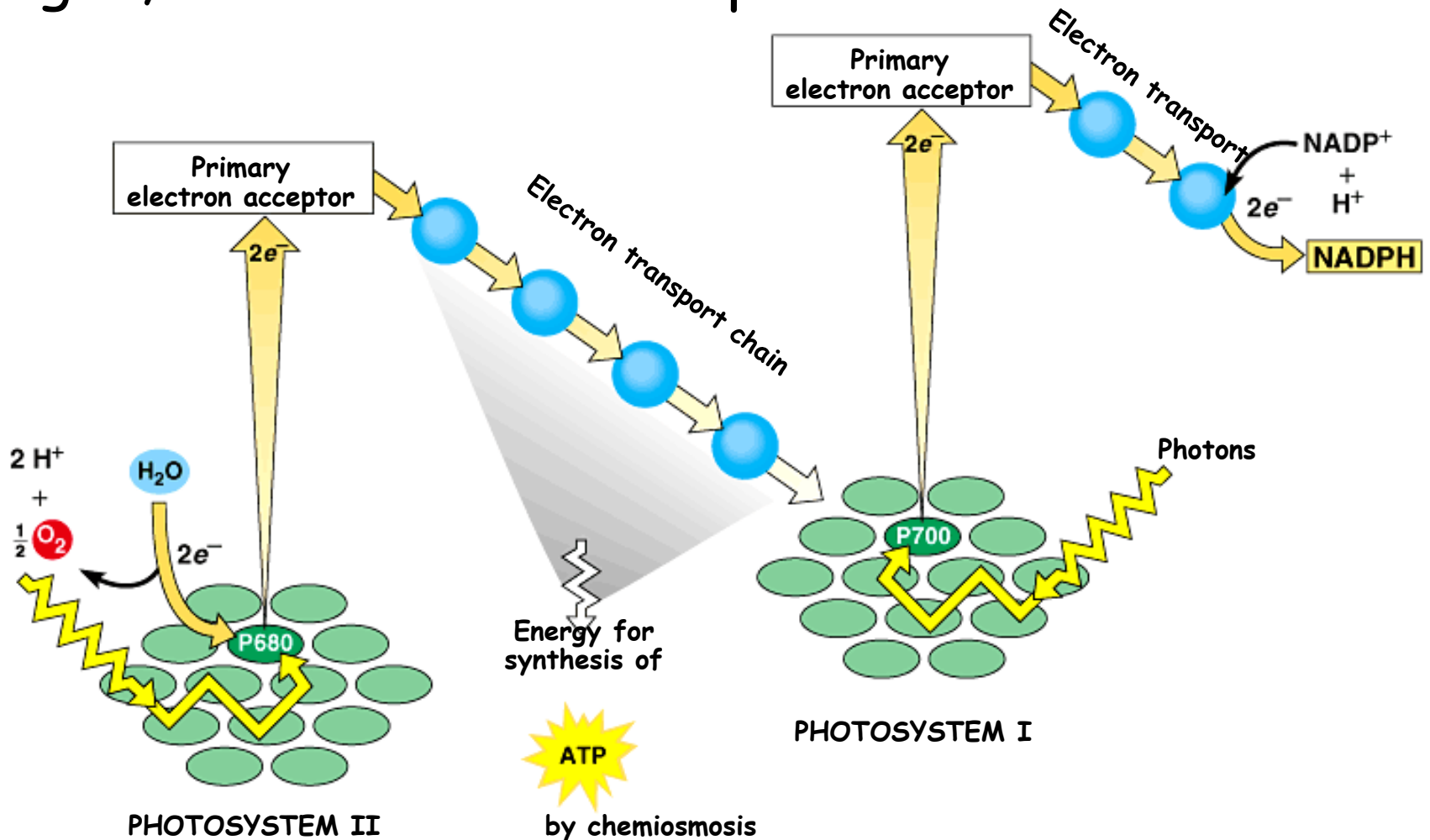


- Two types of photosystems cooperate in the light reactions



Fotofosforilação não cíclica

- O fotosistema II ganha eletrons por dividir água, liberando O_2 como produto



As plantas produzem O₂ por dividir a água

- O O₂ liberado pela fotossíntese é feito de oxigênio da água numa reação que resulta em H⁺ e e⁻



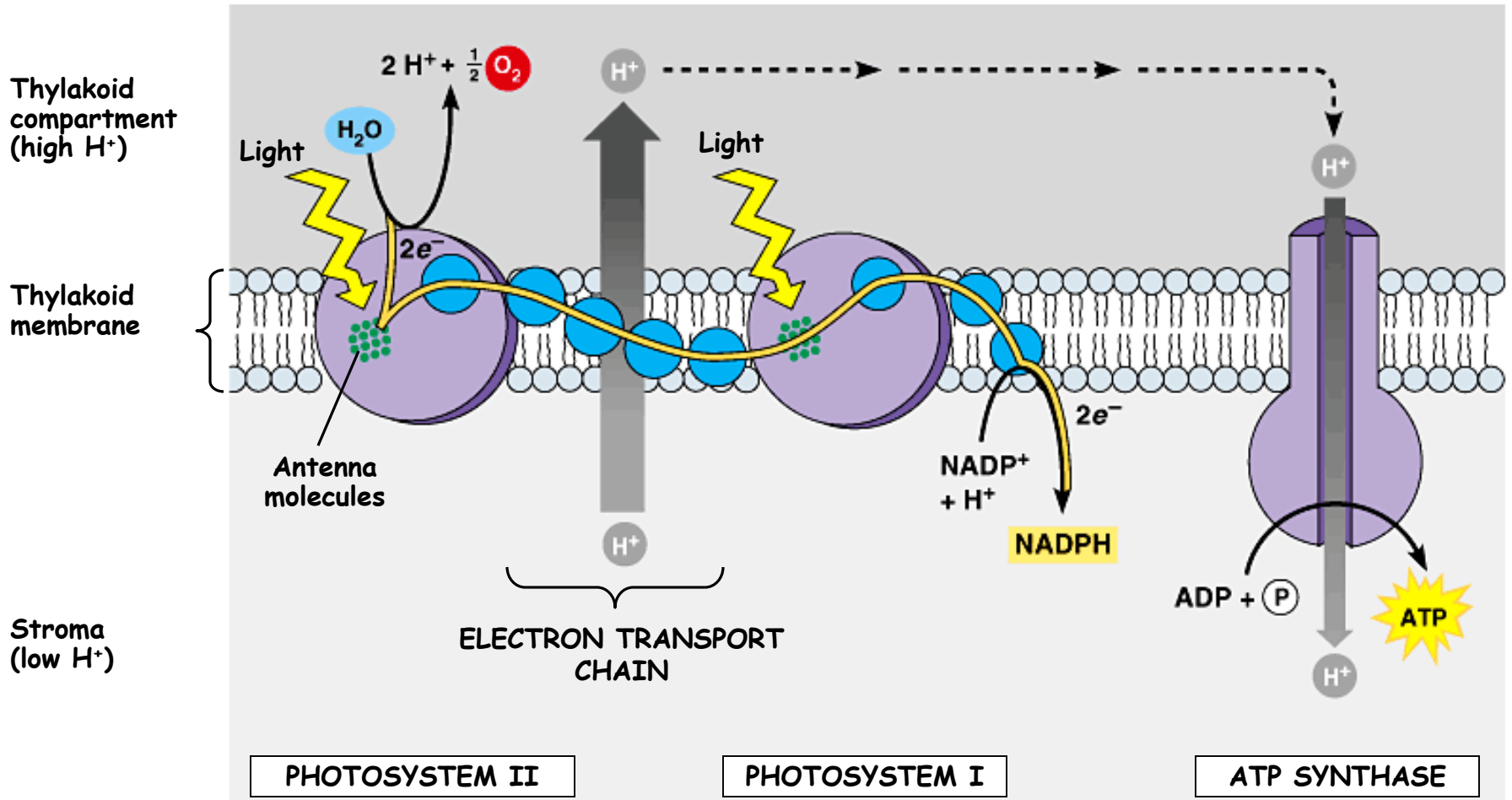
Nas reações com a luz, as cadeias de transporte de eletron geram ATP, NADPH, & O₂

- São dois fotosistemas conectados que coletam fotons da luz e transferem a energia para os electron da clorofila
- Os eletron excitados são passados de um primeiro acceptor eletronico para a cadeia de transporte, o que gera energia que é transferida para ATP e NADPH

A quimioosmose reforça a síntese de ATP nas reações da luz

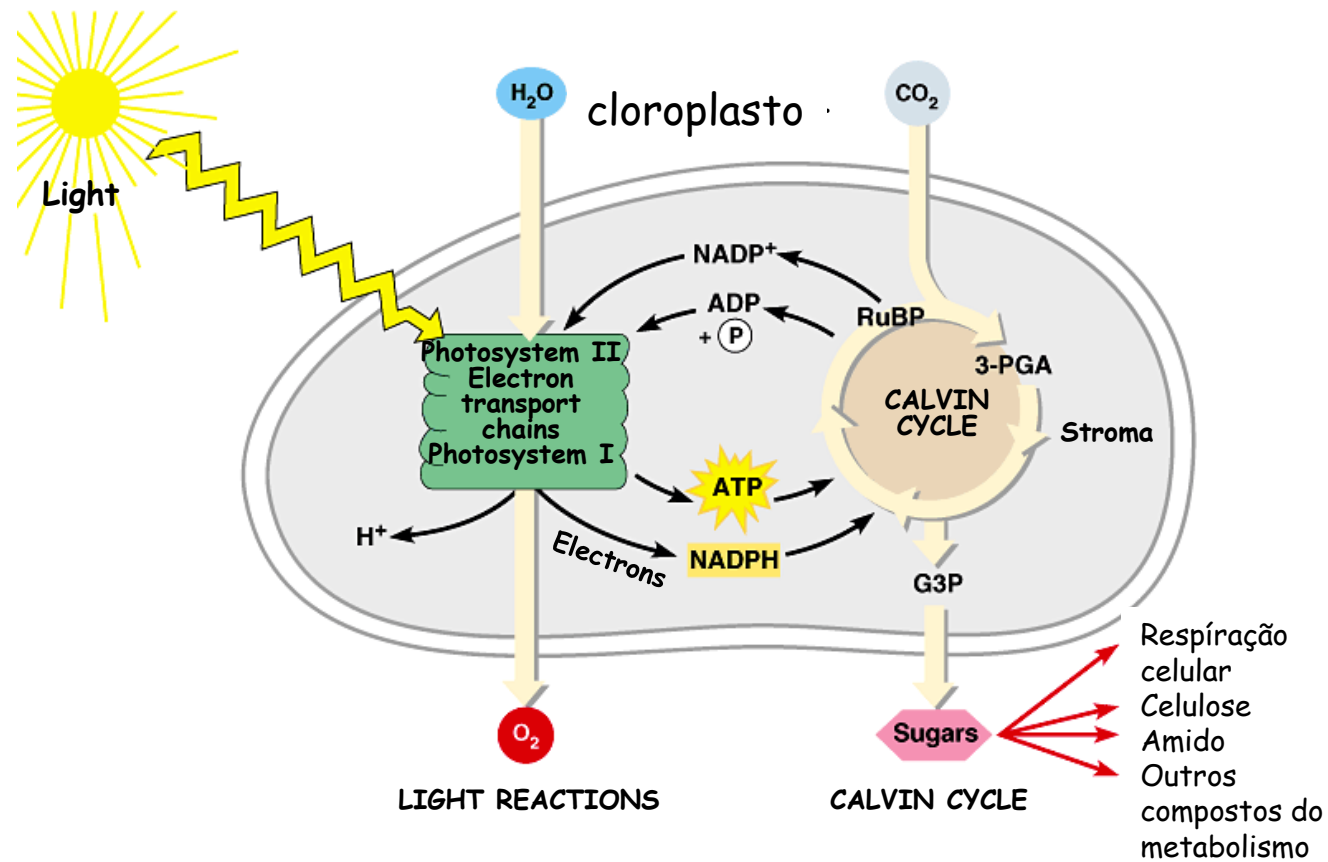
- A cadeia de transporte de elétrons está arrumada com os fotosistemas nas membranas tilacóides dos cloroplastos e bombam H^+ através da
- O fluxo de H^+ ao voltar através da membrana é usado pela ATP sintase para gerar ATP
 - No estroma, os íons H^+ se combinam com $NADP^+$ para formar NADPH

- Esquema da produção de ATP na fase de quimiosmose da fotossíntese



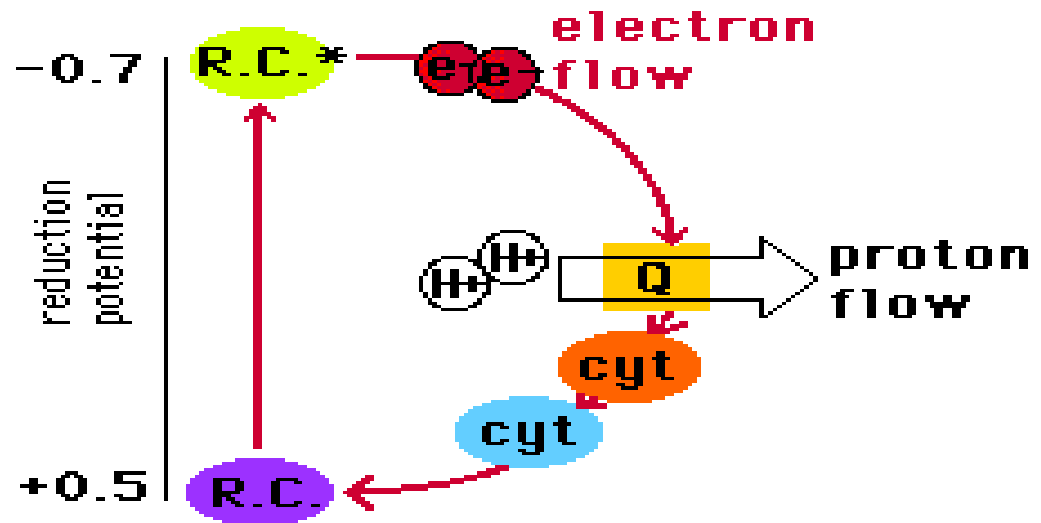
Revendo, a fotossíntese usa a energia da luz para fazer moléculas de alimento no final

- Em resumo

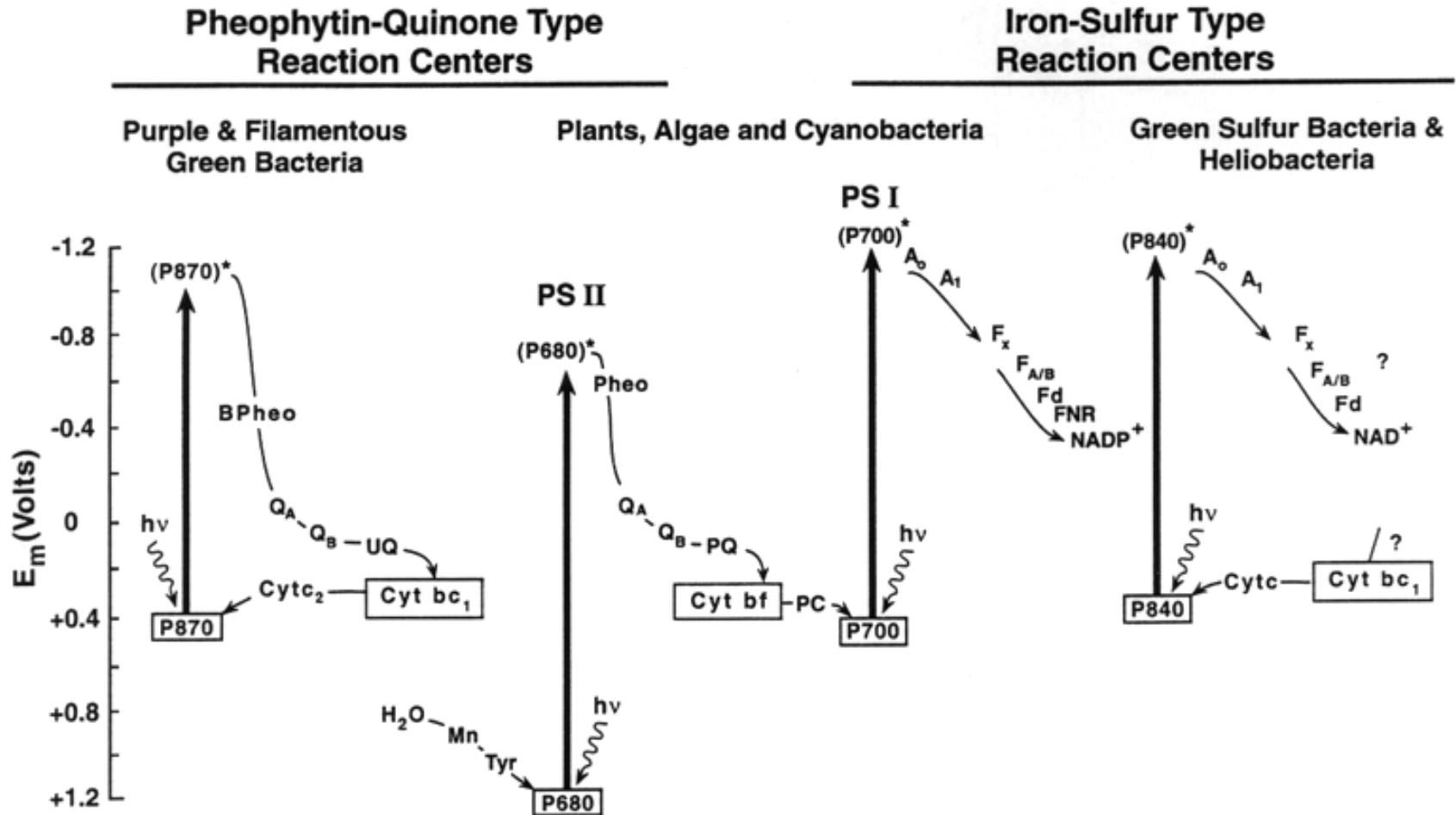


Fotosíntese anoxigênica

- Usa a energia luminosa para criar composto orgânicos, com sulfetos e fumaratos produzidos ao invés de oxigênio
- Ocorre em bacterias vermelhas, verde sulfurosas, heliobacterias e bacterias verdes
- Usa pigmentos de bacterioclorofila ao invés de clorofila
- Usa um unico sistema fotosintético (PS I) para gerar ATP de forma "ciclica"

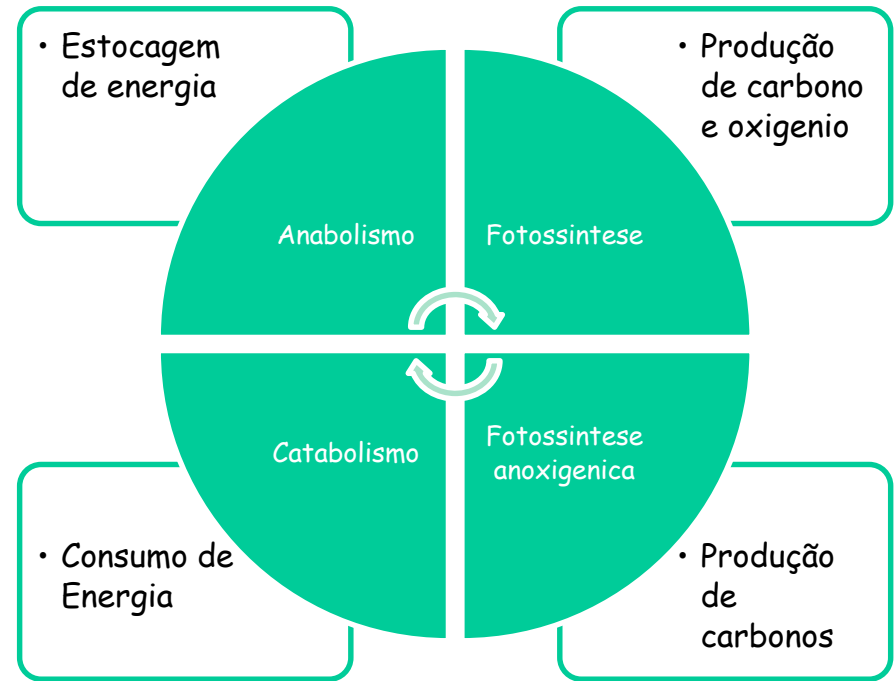
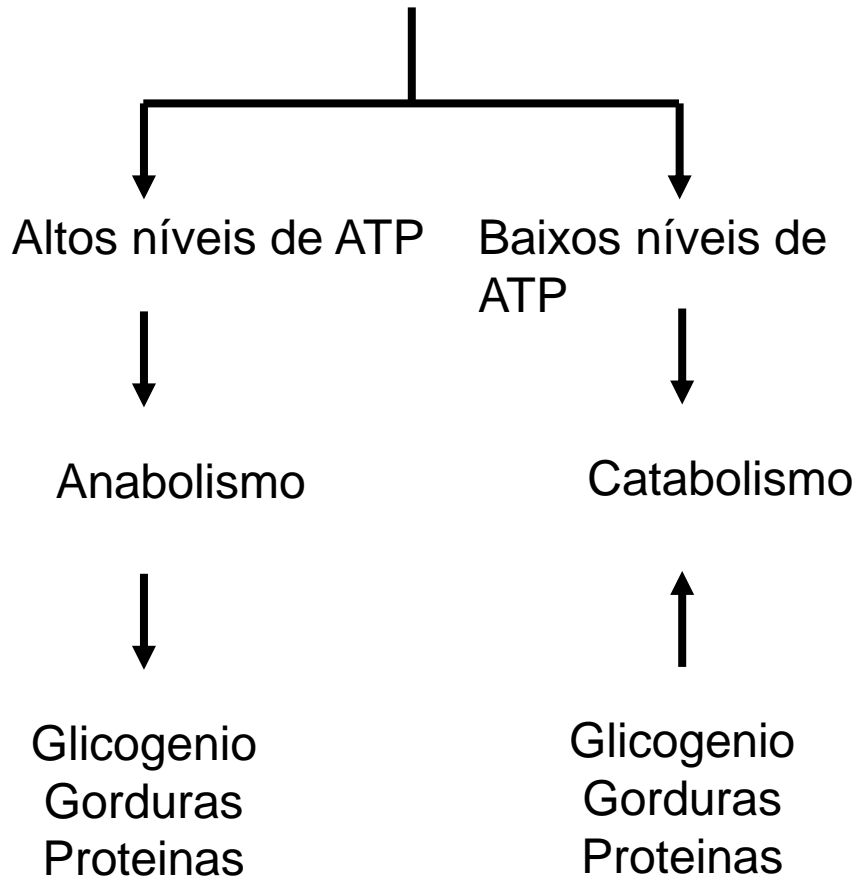


Comparação do transporte de eletrons in fotosíntese oxigênica ou anoxigênica



Juntando tudo

Metabolismo animal



- Estudo dirigido

- Qual é a nossa fonte de energia?
- O que é energia química?
- Qual é a forma mais rápida de produzir energia?
- Em quantas fases a glicose é quebrada?
- Precisa de energia inicial para este processo?
- Quantos passos tem este processo inicial?
- Quantas enzimas existem para cada passo?
- Quais são os transportadores da energia?
- O que resulta da oxidação fosforilativa?
- Como é a sequencia de transferência de energia?
- Onde ocorre a oxidação fosforilativa?
- O que ocorre na matriz mitocondrial?
- Para que serve o ciclo de Krebs ou dos ácidos tricarboxílicos?
- Quantos ATPs são produzidos na quebra total da glicose, no musculo?
- Porque o balanço é diferente no fígado?
- Quais são os produtos da glicólise anaeróbica em diferentes sistemas?
- Na degradação dos ácidos graxos, qual é a molécula chave?
- O que o cloroplasto e a mitocondria têm em comum?
- De onde vem o oxigênio gerado na fotosíntese?
- Como a luz é transformada em energia química?
- O que é um tilacóide e os grana?
- O que é metabolismo e o que são vias metabólicas?