

Tema 12: O CATABOLISMO

O metabolismo é o conjunto de reacções bioquímicas da célula que transformam diferentes compostos.

Fases:

- Catabolismo: transformação de substâncias orgânicas complexas em moléculas simples, armazenando a energia química desprendida em ATP.
- Anabolismo: construção de matéria orgânica complexa a partir de moléculas do citoplasma, utilizando a energia do ATP obtido no catabolismo ou na fotossíntese ou quimiosíntese.

As distintas reacções do metabolismo denominam-se vias ou vias metabólicas, e as moléculas que interveem, metabolitos.

O catabolismo é semelhante em organismos autótrofos e em heterótrofos; têm lugar reacções redox.

ATP e intercâmbios de energia

O ATP é a forma de armazenar energia de "pronto uso". Quando se precisa energia, desfosforiliza-se ou rompe-se um enlace que libera um grupo fosfato. Utilizam-se também GTP, UTP e CTP.

Existem 2 mecanismos para sintetizar ATP:

- Fosforilação a nível de substrato (ácido de Krebs):
 - Formação dum composto intermédio rico em energia.
 - Utilização da energia liberada pela hidrólise deste composto para a fosforilação do ADP a ATP.
- Fosforilação mediante transporte de electrões: a través de proteínas da membrana mitocondrial (fosforilação oxidativa) ou do cloroplasto (fosforilação fotossintética) há um transporte

de electrões que libera energia, utilizada pela ATP-sintetase para passar de ADP a ATP.

* VÍAS NAS QUE SE SINTETIZA ATP:

- fotossíntese
- quimiosíntese
- catabolismo

* VÍAS NAS QUE SE CONSUMEM ATP:

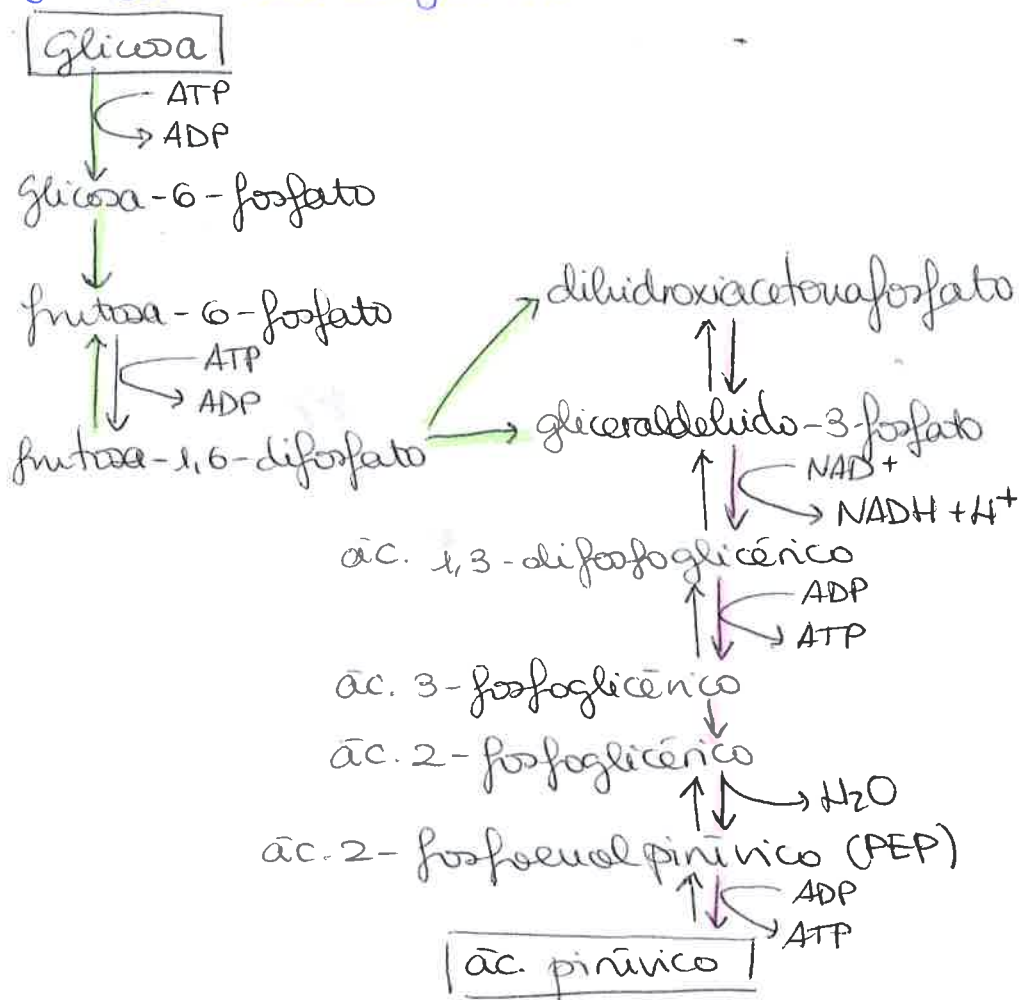
- vias anabólicas.

□ Degradação de glicídios

Os dissacáridos ou polisacáridos ingeridos devem ser hidrolizados a través de enzimas, dando glicose, que se degradará em 3 fases:

• GLICÓLISE / RUTA DE EMBDEN-MEYERHOF:

Tem lugar na respiração celular aerobia e na fermentação. Tem lugar no citosol.



1ª FASE: a glicosa sofre fosforilação e ruptura para dar gliceraldeído e dihidroxiacetona.

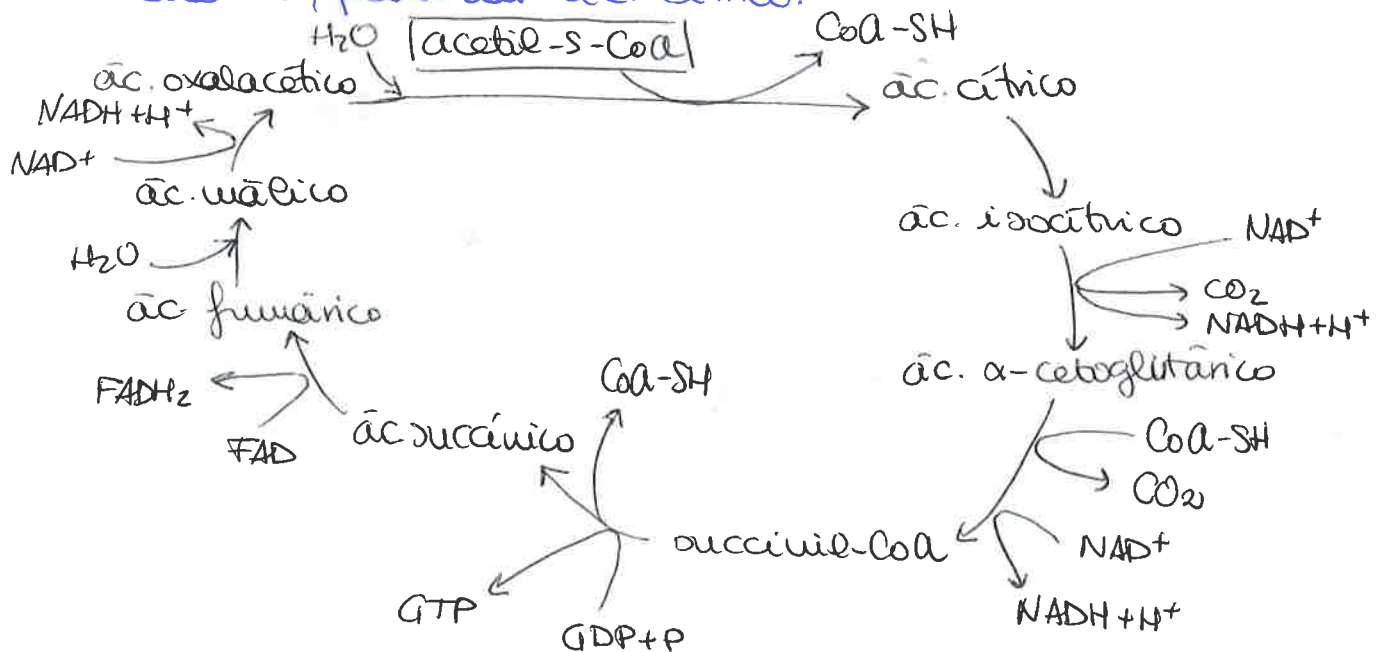
2ª FASE: o gliceraldeído oxida-se e forma ác. pirúvico, gerando 2 NADH (passarão à cadeia respiratória) e 2 ATP (fosforilação a nível de substrato).

O ác. pirúvico, ao entrar na mitocôndria, transforma-se em acetil-S-CoA por descarboxilação e desidroxilação, catalizadas pelo sistema da piruvato desidroxenase (que dá 2 NADH, um por cada pirúvico).

• CICLO DE KREBS / DO AC. CÍTRICO / DOS AC. TRICARBOXÍLICOS:

É um processo da respiração aeróbia que tem lugar na matriz mitocondrial, e mediante o qual o acetil se degrada a CO_2 e H_2O . Em cada ciclo entra um grupo acetil e saem 2 CO_2 (por descarboxilação), entram 3 NAD^+ que se reduzem a NADH, entra 1 FAD que se reduz a FADH_2 e forma-se 1 GTP (equivalente ao ATP). Os NADH e FADH_2 entrarão na cadeia de transporte electrónico mitocondrial e darão ATP.

O ciclo inicia-se com a união do acetil-S-CoA com o ác. oxalacético, para dar ác. cítrico.

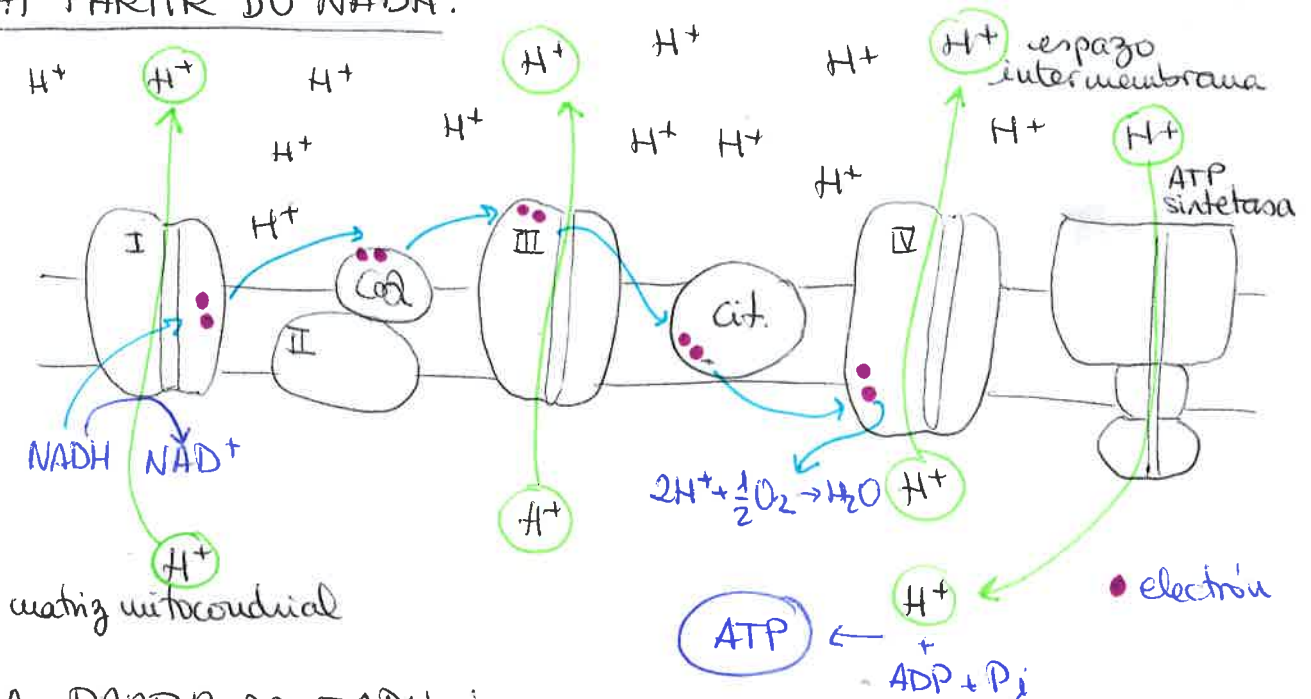


• CADEIA RESPIRATORIA FOSFORILACIÓN OXIDATIVA:

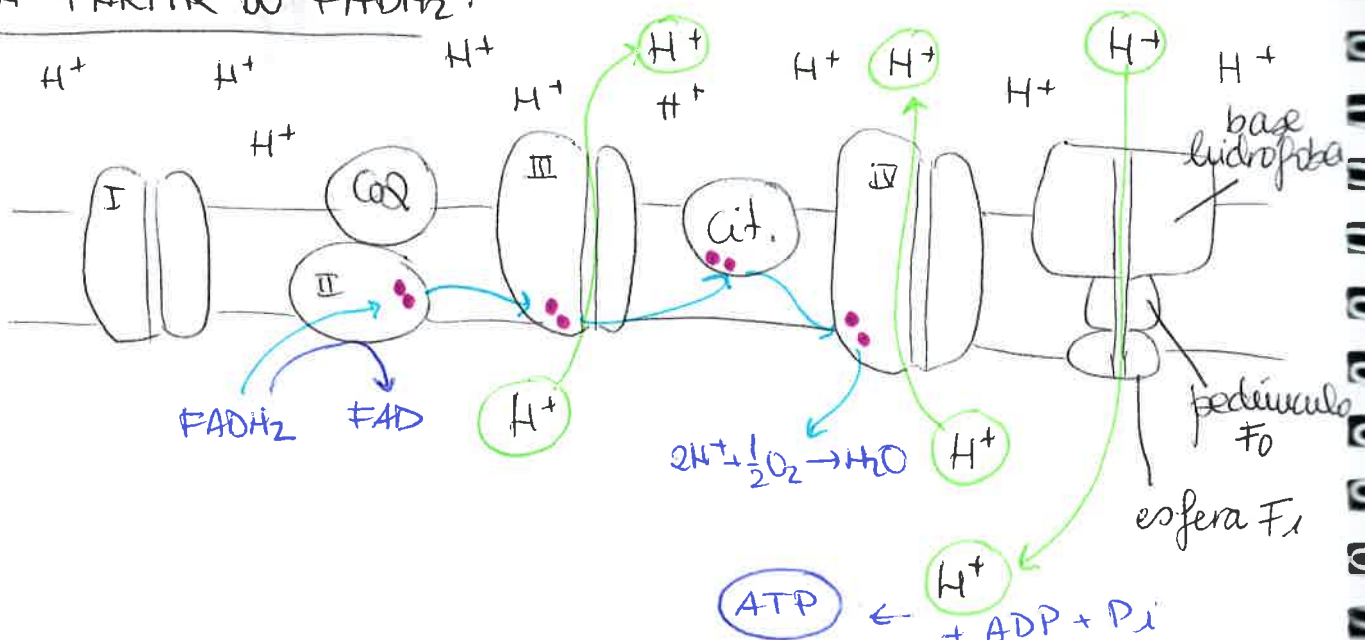
É un proceso da respiración aerobia que ten lugar na membrana das cristas mitocondriais. É un sistema de reaccións redox no que cada composto reduce ao seguinte, quedando oxidado e pasando electróns e protóns dun composto a outro, ata chegar ao oxíxeno, o aceptor final.

Utilízase para liberar a enerxía potencial das moléculas formadas na glicólise e no ciclo de Krebs e sintetizar ATP.

A PARTIR DO NADH:



A PARTIR DO FADH₂:



A teoria quimiosmótica de Mitchell explica a conjugação do transporte de electrões e o da fosforilação oxidativa. Segundo esta teoria, a energia liberada no transporte de electrões emprega-se para bombear H^+ ao espaço intermembrana em contra de um gradiente. Depois, a entrada de H^+ à matriz a favor de gradiente (a través da ATP-sintetasa), activa a síntese de ATP a partir de ADP e fosfato inorgânico (fosforilação oxidativa). Na actualidade, o transporte electrónico a partir duma molécula de NADH ou $FADH_2$ gera 2'5 e 1'5 moléculas de ATP, respectivamente, em lugar das 3 e 2 que se cria (*).

— Rentabilidade do catabolismo da glicose —

- 1) glicólise $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ ác. pirúvicos} \\ 2 \text{ NADH} \times 3 \text{ ATP} \\ 2 \text{ ATP (f. a nível de substrato)} \end{array} \right.$
8 ATP
- 2) ác. pirúvico a ac.-S-CoA $\times 2 \Rightarrow 1 \text{ NADH} \times 2$
6 ATP
- 3) ciclo de Krebs $\times 2 \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ CO}_2 \times 2 \\ 3 \text{ NADH} \times 2 \times 3 \text{ ATP} \\ 1 \text{ FADH}_2 \times 2 \times 2 \text{ ATP} \\ 1 \text{ GTP} \times 2 \text{ (f. a nível de substrato)} \end{array} \right.$
24 ATP
- 4) cadeia respiratória (f. oxidativa) $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ NADH} \Rightarrow 3 \text{ ATP} \\ 1 \text{ FADH}_2 \Rightarrow 2 \text{ ATP} (*) \end{array} \right.$

$$8 \text{ ATP} + 6 \text{ ATP} + 24 \text{ ATP} = 38 \text{ ATP}$$

NOTA: A partir do NADH da glicólise, em eucariotas, só se produzem 4 ATP em lugar de 6, porque se consome 1 ATP ao introduzir NADH na mitocôndria.

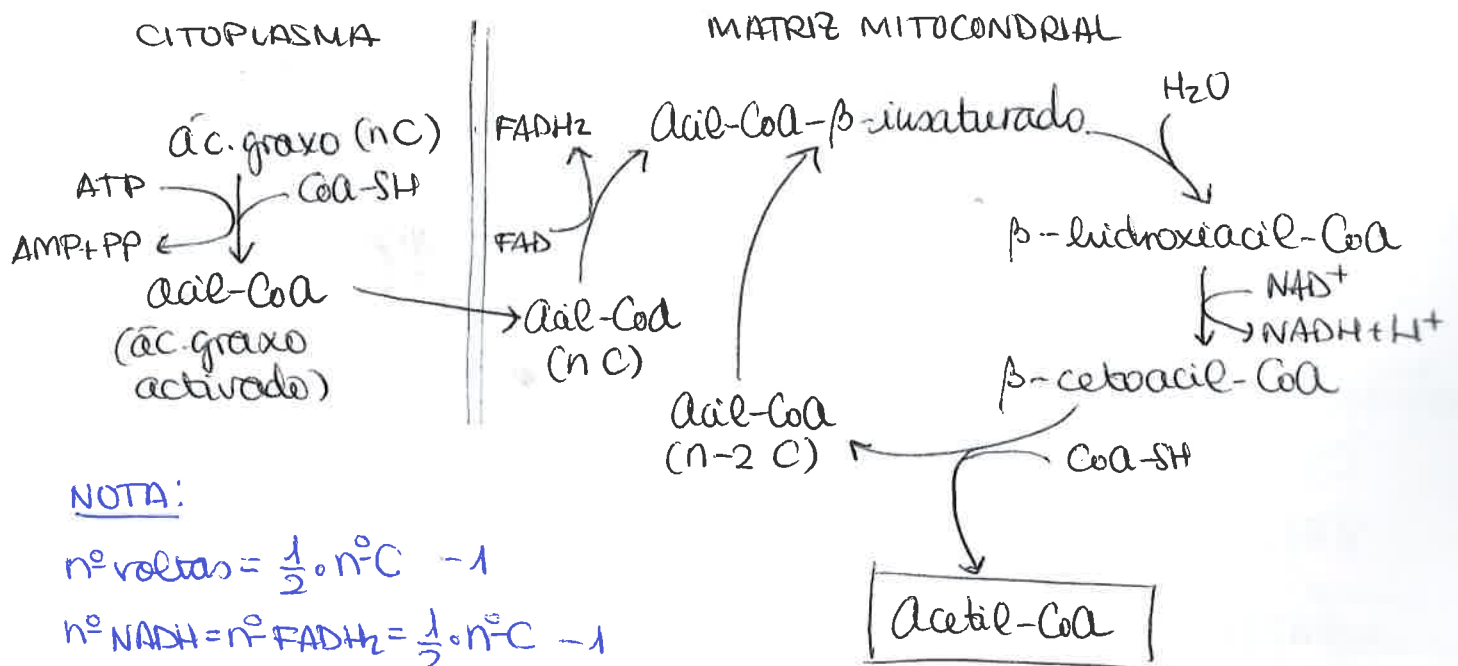
□ Degradación de lípidos

Os ácidos grasos proceden da hidrólise de acilglicéridos ou fosfolípidos, levada a cabo por lipasas específicas, que liberan os ác. grasos da glicerina.

• β-OXIDACIÓN DE ÁC. GRAXOS / HÉLICE DE LYNEEM:

No citoplasma, oxidase o carbono β (carbono 2) do ác. graxo mediante as seguintes reaccións:

- Activación do ác. graxo pola coenzima A (gastando 2 ATP).
- Penetración do Acil-CoA na mitocondria, facilitada pola carritina.
- Mediante deshidroxenacións obtéñense FADH₂, NADH e n acetilos. O ciclo pode representarse en forma de hélice, na que cada volta consome 1 molécula de Coenzima A e libera 1 molécula de Acetil-CoA, 1 molécula de FADH₂ e 1 molécula de NADH.
- O Acetil-CoA segue o ciclo de Krebs ata que só se obtengan 2 moléculas de Acetil-CoA.



NOTA:

$$n^{\circ} \text{ voltas} = \frac{1}{2} \cdot n^{\circ} C - 1$$

$$n^{\circ} \text{ NADH} = n^{\circ} \text{ FADH}_2 = \frac{1}{2} \cdot n^{\circ} C - 1$$

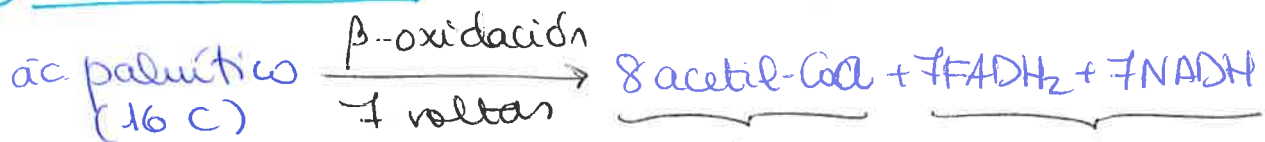
$$n^{\circ} \text{ acetilos} = \frac{1}{2} \cdot n^{\circ} C$$

A glicerina obtida na hidrólise pode transformar-se em dihidroxiacetona, que se integra na 2ª fase da glicólise.

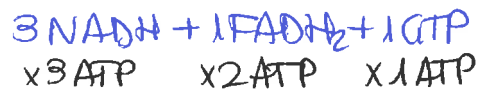
Balauce do catabolismo de lípidos

Exemplos:

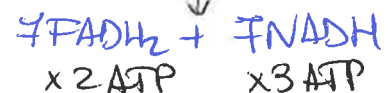
* Ác. PALMÍTICO:



ciclo de Krebs x 8



cadeia respiratoria (β-oxidativa)

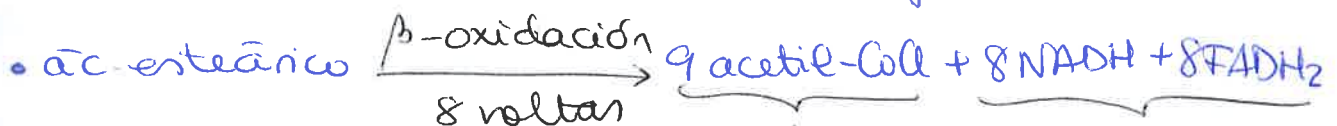


BALANCE: ác. palmítico:

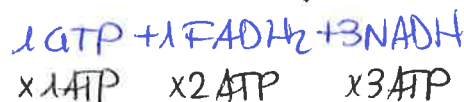
$$8 \cdot 12 + 35 - 2 = 129 \text{ ATP}$$

* TRIESTEARINA:

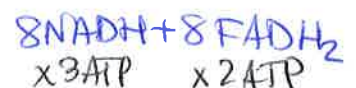
triestearina = 3 ác. esteárico (18 C) + glicerina



ciclo de Krebs x 9



cadeia respiratoria (β-oxidativa)



BALANCE: ác. esteárico:

$$12 \cdot 9 + 40 - 2 = 146 \text{ ATP}$$

$$3 \text{ ác. esteárico} : 146 \cdot 3 = \underline{438 \text{ ATP}}$$

• glicemia:

1) glicólise: $1 \text{ NADH} + 2 \text{ ATP} + 1 \text{ ac. pirúvico}$
 $\times 3 \text{ ATP}$

2) ac. pirúvico \rightarrow acetil-CoA: 1 NADH
 $\times 3 \text{ ATP}$

3) ciclo de Krebs: $3 \text{ NADH} + 1 \text{ FADH}_2 + 1 \text{ GTP}$
 $\times 3 \text{ ATP} \quad \times 2 \text{ ATP} \quad \times 1 \text{ ATP}$

BALANCE: glicemia:

$$5 + 3 + 12 = 20 \text{ ATP}$$

BALANCE FINAL: triente amina: $438 + 20 = 458 \text{ ATP}$

□ Degradación de proteínas

Uma vez hidrolizadas no tubo digestivo as proteínas, os aminoácidos entram nas células e podem sofrer varios tipos de oxidación:

- Transaminación (catalizada por enzimas transaminasas): traspaso dun grupo amino dun aminoácido a un α -cetoácido aceptor, degradando o aminoácido.

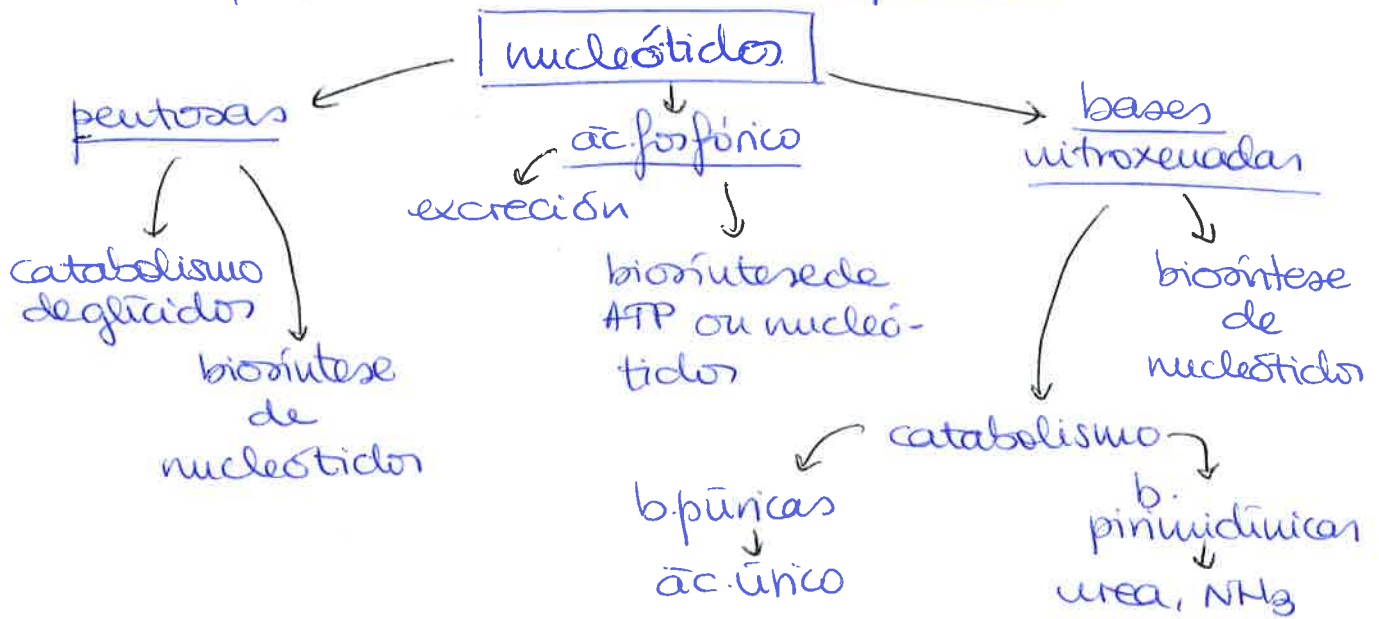
- Desaminación oxidativa (catalizada por desidrogenasas específicas con intervención do NAD): liberación dos grupos amino en forma de NH_4^+ .

- Descarboxilación: os aminoácidos perden o grupo carboxilo terminal e proporcionan aminas primarias en reaccións catalizadas por descarboxilasas específicas.

Tras estas oxidacións, os compostos pasan directamente ao ciclo de Krebs (e a posterior cadea respiratoria) ou transformáuse previamente en ac. pirúvico ou acetil-S-CoA.

▢ Degradación de ác. nucleicos

Os ác. nucleicos escíndense en nucleótidos no tubo dixestivo, e estes nos seus compoñentes:

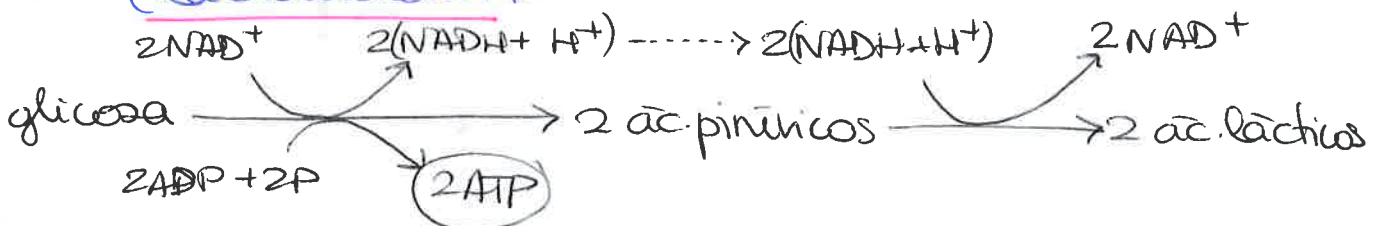


Fermentacións

É un proceso catabólico que consiste na oxidación anaerobia de materia orgánica. Os produtos finais caracterizan ao tipo de fermentación.

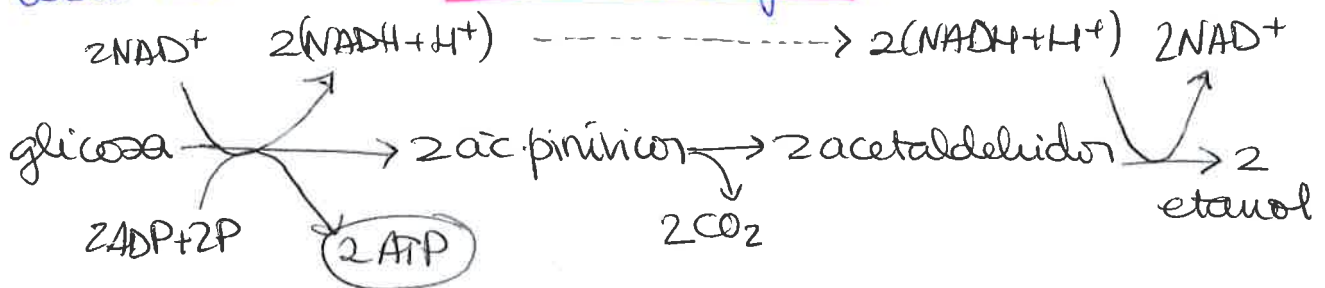
- F. láctica: degrádase a glicosa a ác. láctico. Prodúcese glicólise (2 ác. pinúrico, 2 NADH, 2 ATP), o ác. pinúrico redúcese a ác. láctico e os protóns e elec. tróns necesarios son aportados polo NADH da glicólise, co que se rexenera o NAD^+ .

Esta fermentación é realizada por bacterias lácticas (Lactobacillus).

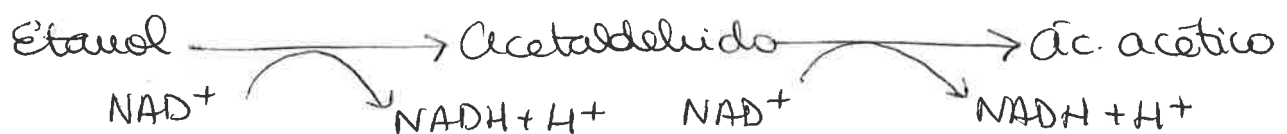


- F. alcohólica: degrádase a glicosa a etanol. Prodúcese glicólise e descarboxilación do pinúrico a acetaldelido (dando CO_2), que actúa como aceptor final de H^+ e e^- e redúcese a etanol. Os H^+ e os

e- son aportados polo NADH, rexeuerándose NAD^+ .
Realízana levaduras (fungos unicelulares), sobre todo do xénero Saccharomyces.



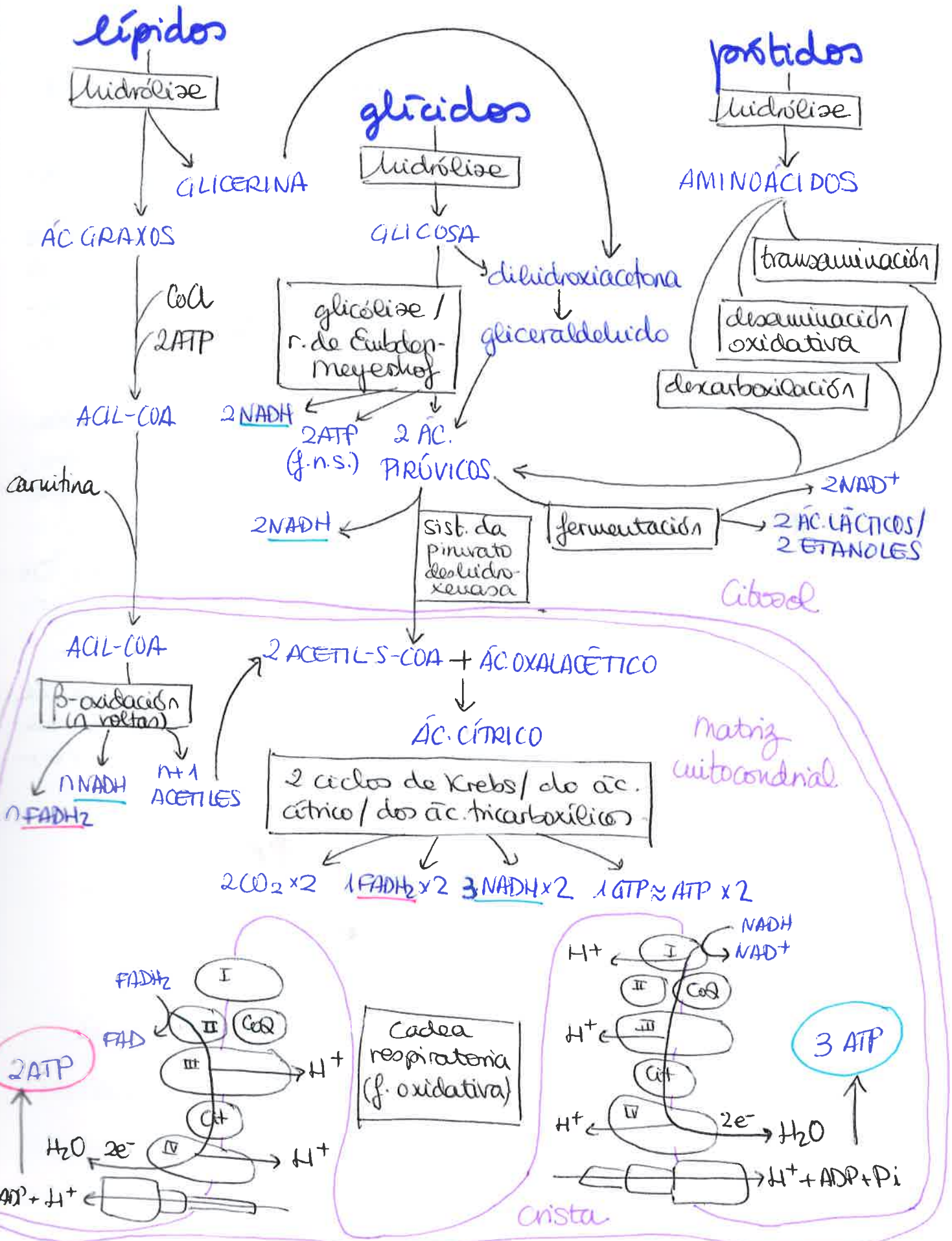
- F. butírica: transforma glúcidos vexetais (como amido ou celulosa) en ác. butírico. Lévana a cabo bacterias do xénero Bacillus e Clostridium.
- F. pútrida (ou putrefacción): os substratos dos que parte son proteínas ou aminoácidos e os produtos son cheirosos, coma o indol, a cadaverina, o exatol... Lévana a cabo bacterias dos xéneros Bacterium e Clostridium.
- F. acética: é un proceso anaerobio (o aceptor final de e^- é o O_2) pero é unha fermentación por dar como produto materia orgánica. Consiste na oxidación do etanol a ác. acético; realízana bacterias como a Acetobacter aceti.



* COMPARACIÓN RESP. CELULAR - FERMENTACIÓN

- Semellanzas: en ambos procesos a glicosa descomponse en substancias máis simples e obtense enerxía.
- Diferenzas:
 - Na fermentación o aceptor final é orgánico, non O_2 .
 - Na fermentación o produto final é orgánico e na respiración, inorgánico.
 - Na fermentación libérase menos enerxía.

CATABOLISMO



Preguntas importantes:

- 1- Concepto de metabolismo, anabolismo e catabolismo.
- 2- Importancia do ATP: fosforilación a nivel de substrato e fosforilación oxidativa.
- 3- Catabolismo de glúcidos: glicólise (proceso, localización, balance), degradación do pirúvico en acetil-S-CoA (balance, localización), ciclo de Krebs (proceso, localización, balance), cadea respiratoria (proceso, localización, balance, concepto de fosforilación oxidativa), rentabilidade enerxética dunha glicosa.
- 4- Catabolismo de lípidos: β -oxidación (proceso, localización, balance), degradación da glicerina (proceso, localización, balance), rentabilidade dun ác. graxo ou dun acilglicérido.
- 5- Esquema dos procesos catabólicos das proteínas. Definir transaminación, desaminación oxidativa, descarboxilación.
- 6- Fermentacións: concepto, f. láctica (proceso, balance, microorganismos), f. alcohólica (proceso, balance, microorganismos), analogías e diferenzas entre respiración celular e fermentación.