

A RESPIRAÇÃO CELULAR E A OBTENÇÃO DE ENERGIA

METABOLISMO

- **É o conjunto de reações químicas que ocorrem no organismo.**
- Exemplos: Biossíntese (produção) de nucleotídeos como A, T, C, G e U, de Aminoácidos, degradação de ácidos graxos, aproveitamento de substâncias, entre outras reações.

SERES PRODUTORES

- Também chamados de **AUTÓTROFOS**.
- São capazes de **produzir compostos orgânicos**, como carboidratos e lipídios através do processo da **FOTOSÍNTESE**.

SERES CONSUMIDORES

- Também chamados **HETERÓTROFOS**.
- **Precisam buscar na natureza fontes de compostos orgânicos** através da alimentação e, assim, obterem energia necessária à sua sobrevivência.

Como a energia é armazenada na célula?

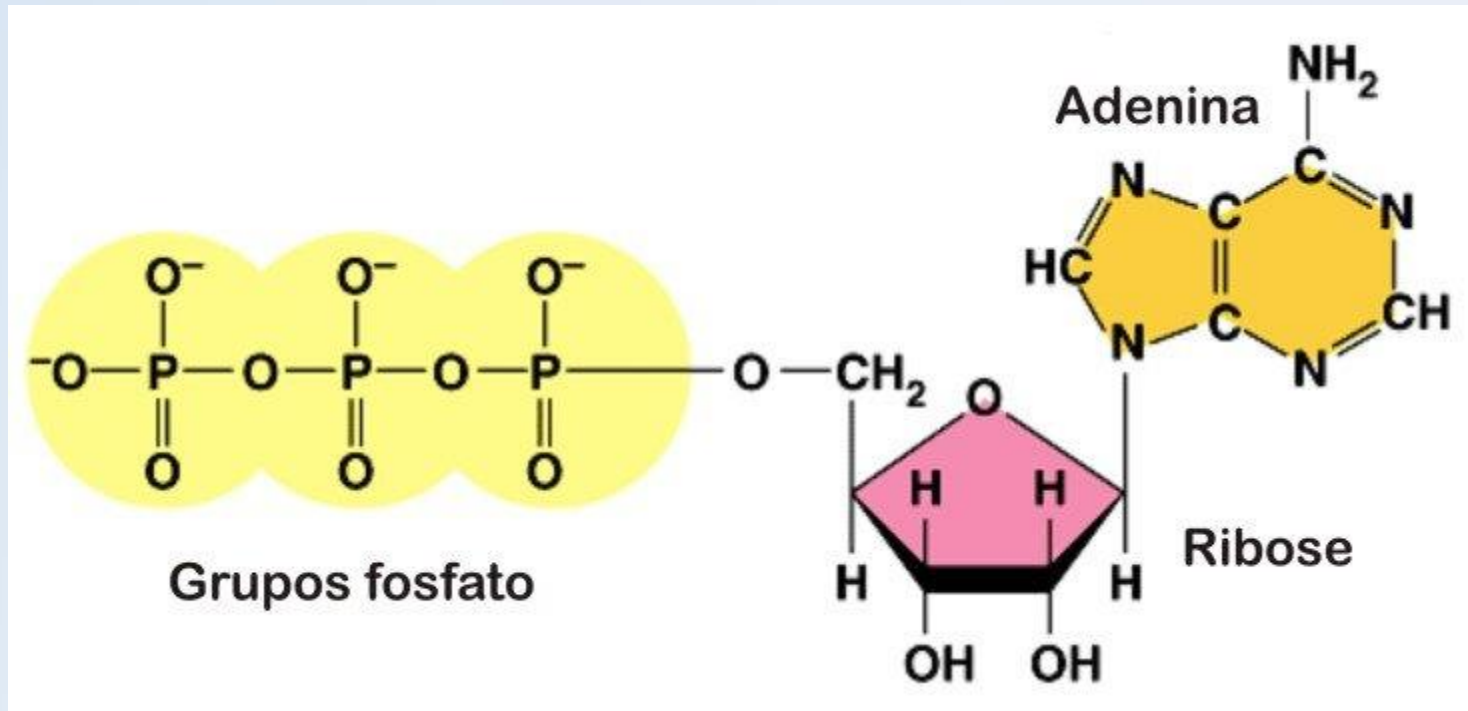
A Energia é armazenada na células na forma de moléculas de alta energia, o **ATP**.

ATP = Adenosina Trifosfato ou Trifosfato de Adenosina;

ATP

- Quando a célula precisa de energia para realizar alguma reação química, **as ligações entre a adenosina e os fosfatos**, na molécula de ATP, **são quebradas** e a **energia** contida nestas ligações é liberada e utilizada no metabolismo celular.
- **Esta quebra das ligações gera ENERGIA** que é liberada das moléculas de ATP **durante o processo de GLICÓLISE**, que é o processo da quebra da glicose ingerida pela célula (ingerimos glicose através da nossa alimentação).

ATP



3 moléculas de fosfato associadas + Ribose + Adenina

NAD e FAD

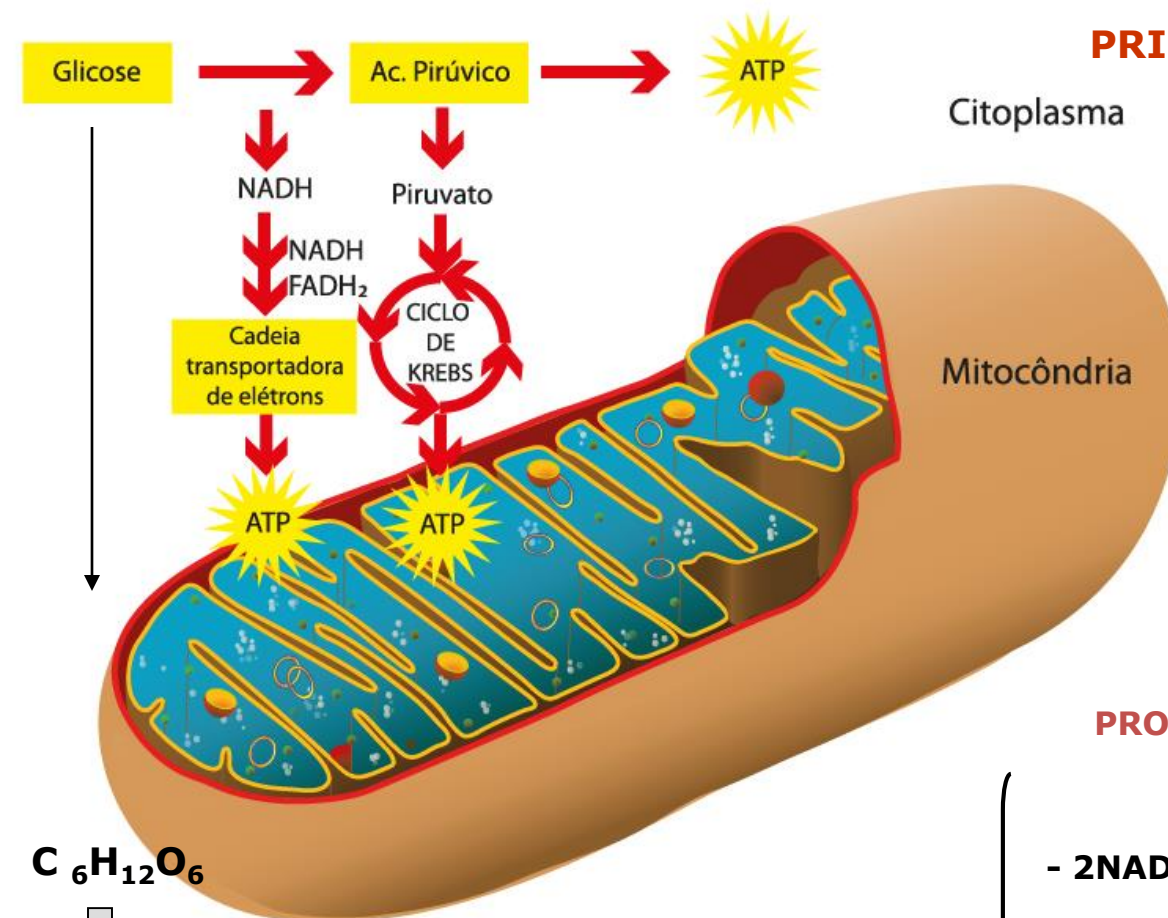
- São **ACEPTORES INTERMEDIÁRIOS** de hidrogênio (aceitam elétrons transferidos de outro composto).
- Quando o **NAD e FAD recebem os prótons H^+** , produzidos durante as etapas do processo de respiração celular, **formam $NADH^+$ e $FADH^+$** .
- Na sequência, **os $NADH^+$ e $FADH^+$ formados cedem os íons H^+ para as moléculas de Oxigênio** que estão no citoplasma da célula.

Respiração Celular

- É um processo bioquímico que representa **a forma mais eficaz de obter energia** a partir de nutrientes como **a glicose** combinadas com o **oxigênio** que inspiramos.
- Os seres vivos que realizam esse processo são chamados **seres aeróbicos**.
- A maioria dos seres vivos realizam esse **processo para obter energia e realizar suas funções vitais**.

Etapas da Respiração Celular

- 1. Glicólise** essa etapa **não necessita de oxigênio** para ocorrer e **é realizada no citoplasma** das células.
- 2. Ciclo de Krebs e Cadeia Transportadora de Elétrons:** **requerem a presença de oxigênio** para acontecer e **ocorre dentro das mitocôndrias**.



PRIMEIRA ETAPA - GLICÓLISE

Quebra da molécula de glicose

NAD e FAD

- Moléculas Carregadoras de H^+
- Cada molécula carrega 2 átomos de H^+

PRODUTOS DA GLICÓLISE

- $2NAD + 2H_2 \rightarrow 2NADH_2$
- SALDO DE **2 ATP** NA REAÇÃO
- FORAM PRODUZIDOS **2 AC. PIRÚVICOS**



ÁCIDO PIRÚVICO

- A reação química simplificada da Respiração Celular é:



Glicose + Oxigênio

Gás
Carbônico

Água

Energia



Vamos então entender essa reação:



Glicose + Oxigênio

Gás
Carbônico

Água

Energia



Veja que nos “ingredientes” da reação temos a **glicose** (que armazena muita energia e foi obtida a partir da digestão dos alimentos que ingerimos) e o **oxigênio, que obtemos da respiração.**

O oxigênio se combinará com **o hidrogênio** para formar **moléculas de água.**



Glicose + Oxigênio

Gás
Carbônico

Água

Energia



No processo de respiração aeróbica, **cada molécula de glicose ingerida** é combinada com **6 moléculas de oxigênio inspiradas** na respiração.

Dentro das células, a **Glicose e o Oxigênio** reagem entre si e produzem **6 moléculas de gás carbônico, 6 moléculas de água e 38 moléculas de ATP (energia)**.



O gás carbônico formado resulta da **quebra das cadeias carbônicas** que formam a glicose.

As moléculas de água (são formadas a partir dos hidrogênios retirados da quebra da molécula de glicose) e **reagem com o oxigênio**.

A Energia formada será armazenada dentro da célula **na forma de ATP**.

No final são **gerados 38 ATPs** e a **energia** será **liberada na forma de calor**.



Todo o calor e energia liberados pela quebra da glicose se fossem liberados de uma vez, seria de violenta intensidade para a célula.

Por isso, a glicose é quebrada gradualmente e sua energia é liberada aos poucos, ao longo de uma série de reações que constituem a respiração celular.

Se não fosse assim, a energia e o calor liberados de uma só vez poderiam fazer com que a célula entrasse em combustão.

RESPIRAÇÃO CELULAR

- **1ª etapa Glicólise:** os carboidratos, principalmente a glicose é a principal substância quebrada na respiração celular.
- No citoplasma, enzimas quebram **as moléculas de glicose em duas moléculas de ácido pirúvico** que fica disponível no citoplasma das células.
- É liberado uma certa quantidade de energia na forma de ATP (produz 4 moléculas de ATP) e produz **2 moléculas de NADH₂**

A Glicólise

- Após a formação dos ácidos pirúvicos, eles saem do citoplasma e entram na mitocôndria.
- No interior da mitocôndria, as moléculas dos ÁCIDOS PIRÚVICOS são quebradas e dessa quebra são liberadas moléculas de CO_2 e Hidrogênios.
- Os Hidrogênios resultantes da quebra do ÁCIDO PIRÚVICO, são capturados pelas moléculas de NAD e FAD que se transformam em NADH^+ e FADH^+

Glicólise

- Quebra da glicose em:
 - 2 moléculas de piruvato + NADH + ATP

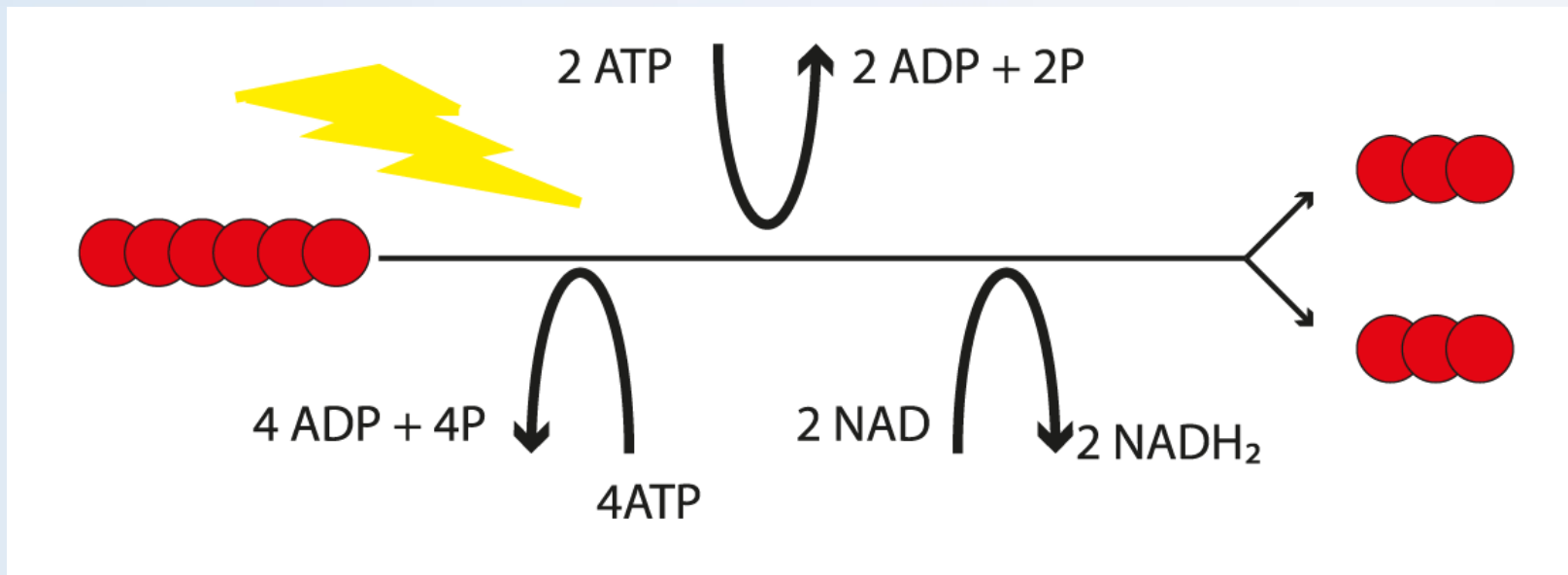


Imagem: SEE-PE

Produce 4 ATPs mas, para que ocorra a quebra da glicose em ácido pirúvico, gasta 2 sobrando ao final um saldo de 2 ATPs

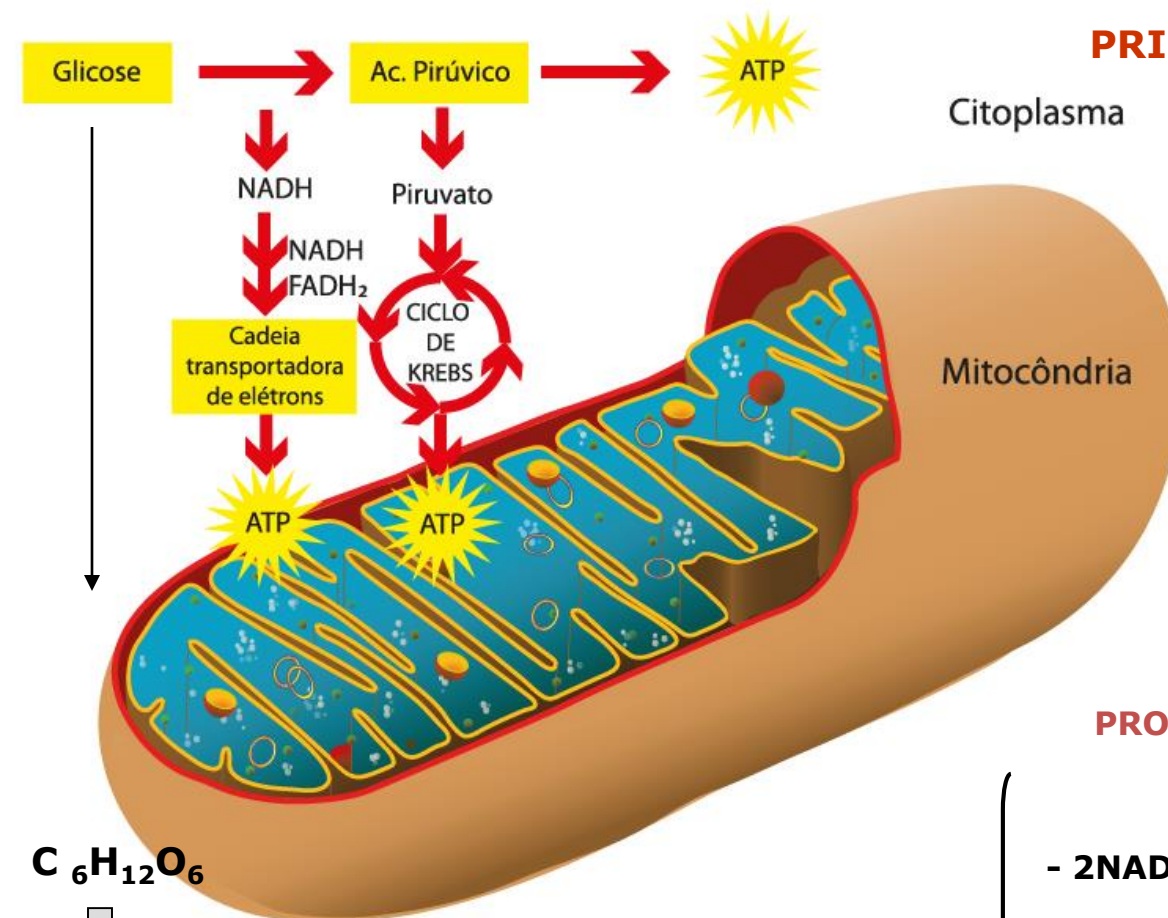
A Glicólise

- No processo de quebra da glicose para originar ácido pirúvico forma-se, também, o **Acetil**;
- O **Acetil se combina com a Coenzima A (CoA)** originando uma nova molécula, a **Acetil-CoA**, que é usada para começar o ciclo de Krebs.
- Para **cada molécula de ácido pirúvico** que é quebrada originam-se **duas moléculas de Acetil-CoA, NADH⁺ e FADH⁺**.

Para que ocorra a **quebra da GLICOSE (Glicólise)** são necessários **2 ATPs** .

Porém, **ao fim do processo da quebra da glicose formam-se 4 ATPs** (produção de 4 ATPs, gasto de 2 ATPs no processo e o saldo final é de 2 ATPs).

A reação da glicólise não precisa de oxigênio para ocorrer.



PRIMEIRA ETAPA - GLICÓLISE

Quebra da molécula de glicose

NAD e FAD

- Moléculas Carregadoras de H^+
- Cada molécula carrega 2 átomos de H^+

PRODUTOS DA GLICÓLISE



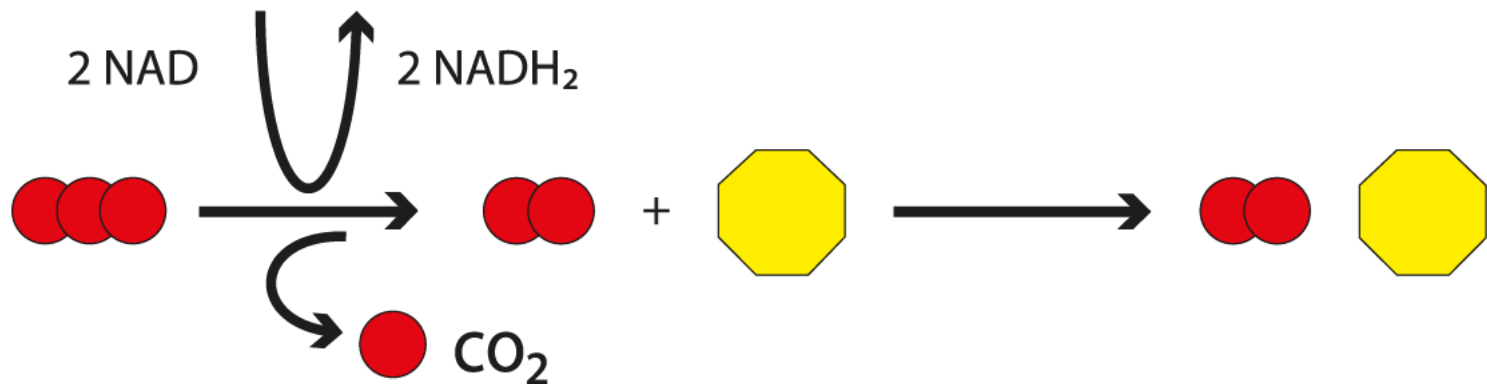
- SALDO DE **2 ATP** NA REAÇÃO

- FORAM PRODUZIDOS **2 AC. PIRÚVICOS**



ÁCIDO PIRÚVICO

- Após a formação dos ácidos pirúvicos, eles entram na mitocôndria, sendo atacados então por desidrogenases e descarboxilases;
- Logo, são liberadas moléculas de CO_2 pela célula e hidrogênios que são capturados pelo NAD;
- O acetil formado combina-se com a Co-enzima A (Co-A) e a nova molécula (Acetil-CoA) começa o ciclo de Krebs .



Mitocôndria

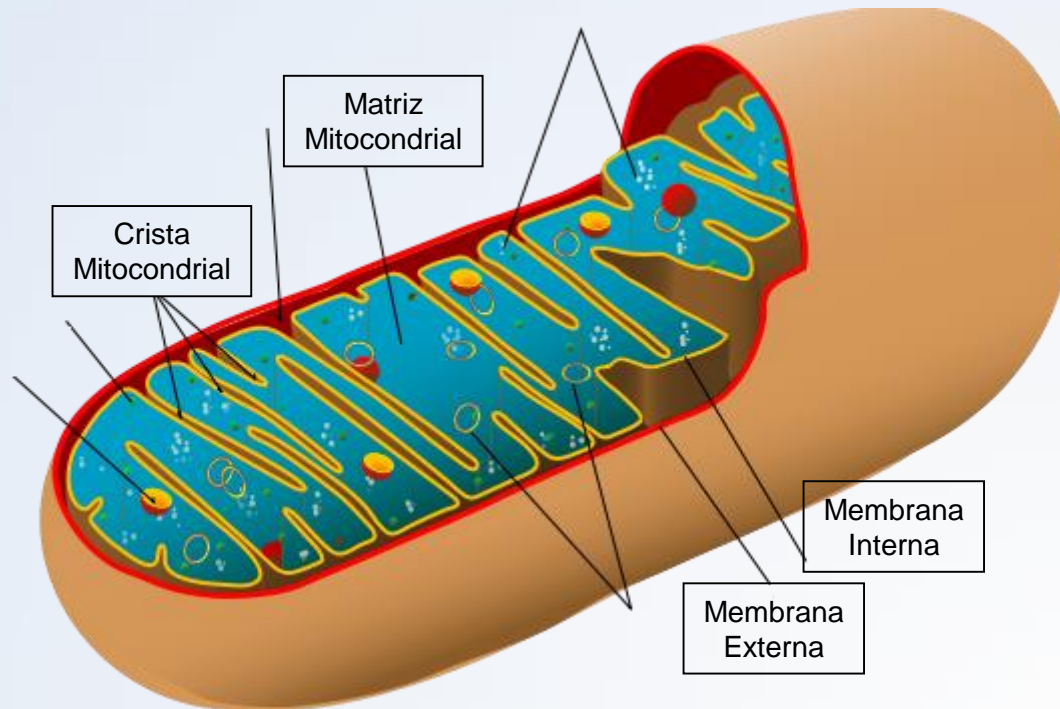


Imagem: Mariana Ruiz / Public Domain

Mitocôndria

- Formada por 2 membranas;
- A membrana externa é lisa e controla a entrada/saída de substâncias da organela;
- A membrana interna contém inúmeras pregas chamadas *cristas mitocondriais*, onde ocorre a cadeia transportadora de elétrons;
- A cavidade interna é preenchida por uma matriz viscosa, onde podemos encontrar várias enzimas envolvidas com a respiração celular, DNA, RNA e pequenos ribossomos. É nessa matriz mitocondrial que ocorre o ciclo de Krebs [\(2\)](#).

RESPIRAÇÃO CELULAR

- 2ª etapa: o ácido pirúvico entra na mitocôndria e é convertido em *acetil-coenzima A*, que então é metabolizada pelo *ciclo do ácido cítrico (Ciclo de Krebs)*;
- Nessa etapa, uma quantidade de energia é liberada, sendo uma pequena parte utilizada para converter 3 NAD^+ em 3 NADH.

RESPIRAÇÃO CELULAR

- No Ciclo de Krebs, a Acetil CoA sofre uma série de modificações que acabam produzindo ácido oxaloacético, para assim recomençar o ciclo;
- Essas reações liberam 2 moléculas de CO_2 e produzem 3 moléculas de NADH e 1 molécula de FADH_2 .

Ciclo de Krebs

- São liberados vários hidrogênios, que são então capturados pelos NAD e FAD, transformando-se em NADH_2 e FADH_2 ;
- Ocorre também liberação de energia resultando na formação de ATP.

CICLO DE KREBS

ÁCIDO PIRÚVICO + ACETI-CoA

Continuação da quebra da molécula glicose com descarboxilações e desidrogenações

PRODUTOS FORMADOS NO CICLO DE KREBS POR CADA ÁCIDO PIRÚVICO

- 3 NADH_2

- 1 FADH_2

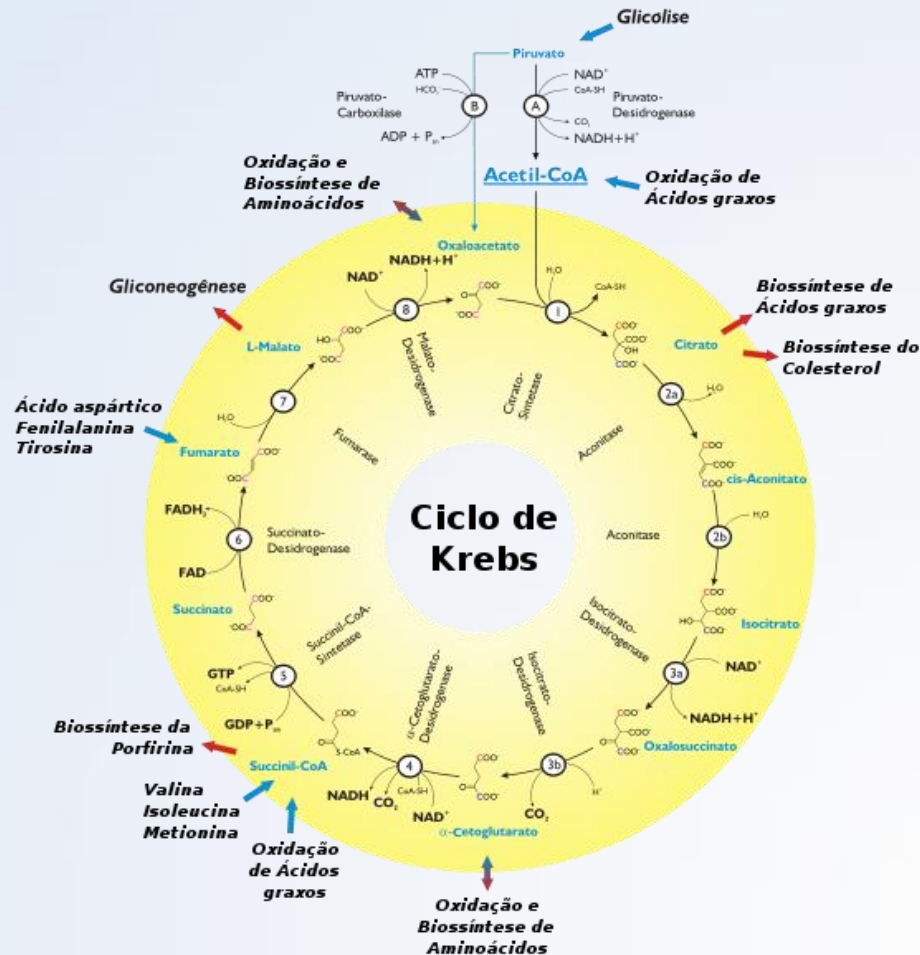
- 1 ATP

COMO SÃO 2 MOLÉCULAS DE ÁCIDO PIRÚVICO, O RESULTADO FINAL É:

- 6 NADH_2

- 2 FADH_2

- 2 ATP



RESPIRAÇÃO CELULAR

- 3ª etapa: Depois, os elétrons de alta energia percorrem a cadeia transportadora de elétrons ou cadeia respiratória, que é composta por complexos enzimáticos, onde os elétrons cedem energia e produzem 36 mols de ATP por mol de glicose consumida.
- Esse processo é chamado *fosforilação oxidativa* e ocorre na membrana interna da mitocôndria.

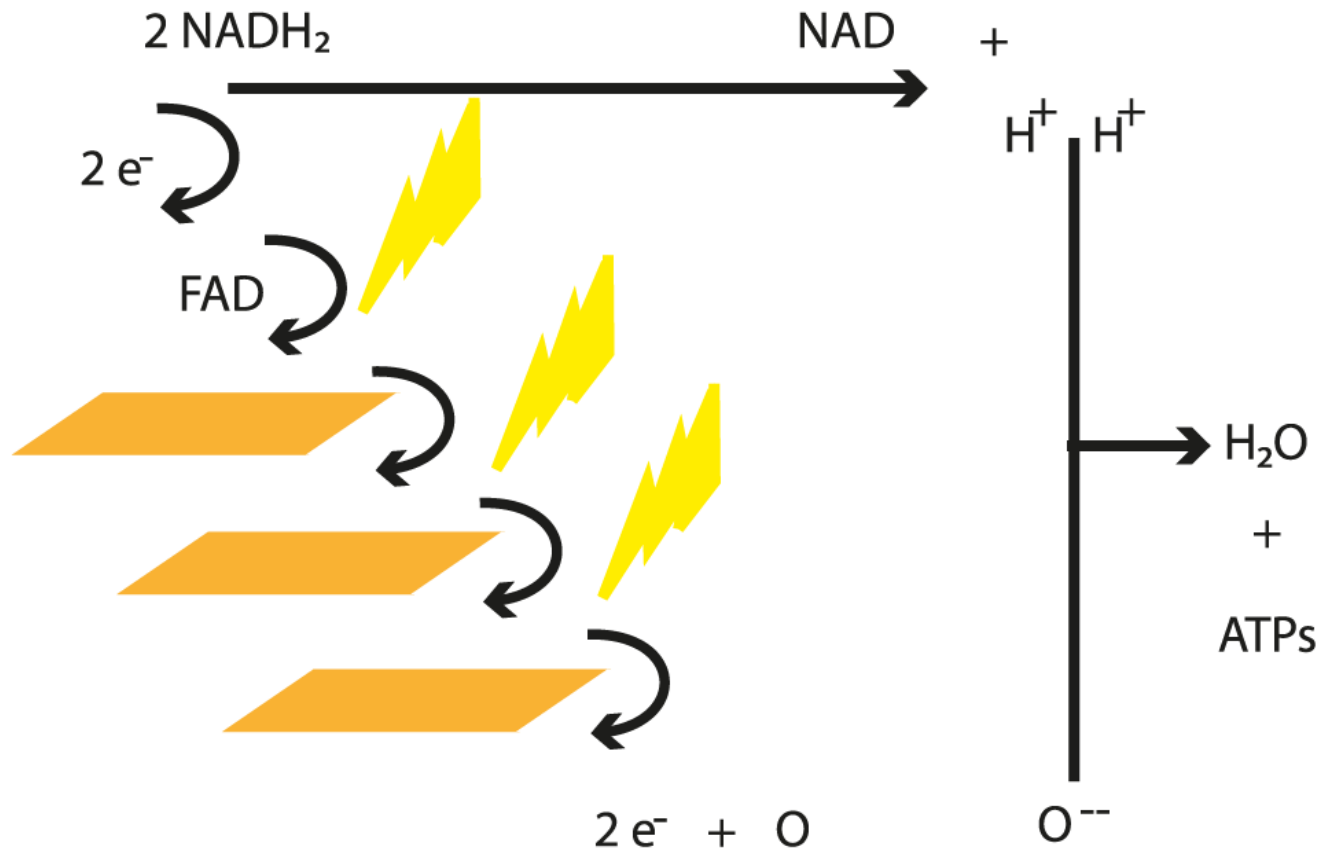
Cadeia Transportadora de Elétrons

- Ocorre nas cristas mitocondriais;
- Também chamado de Fosforilação Oxidativa.
- É um sistema de transferência de elétrons provenientes do NADH_2 e FADH_2 até a molécula de oxigênio.

Cadeia Transportadora de Elétrons

- Os elétrons são passados de molécula para molécula presentes nas cristas mitocondriais chamados CITOCROMOS;
- Quando o elétron “pula” de um citocromo para outro, até chegar noceptor final (o oxigênio), ocorre liberação de energia, que é convertida em ATP.

Cadeia Transportadora de Elétrons



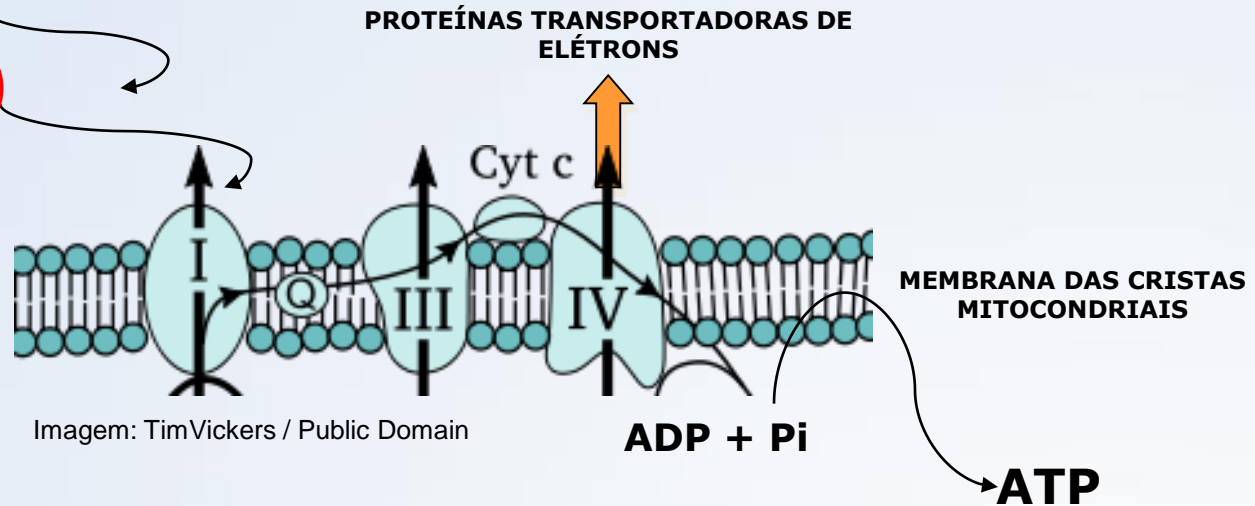
CADEIA RESPIRATÓRIA OU CADEIA DE ELÉTRONS

ORIGINA 2 ATP

FADH_2

NADH_2

ORIGINA 3 ATP



RESULTADO FINAL DA
RESPIRAÇÃO CELULAR A
PARTIR DE UMA GLICOSE

- GLICÓLISE - $2 \text{ ATP} + 2 \text{ NADH}_2 \longrightarrow (2 + 2 \times 3) = 8 \text{ ATP}$

OBS - NA MITOCÔNDRIA SÃO 2 AC. PIRÚVICOS

- CoA - $1 \text{ NADH}_2 \longrightarrow (2 \times 3) = 6 \text{ ATP}$

- CICLO KREBS - $1 \text{ ATP} + 3 \text{ NADH}_2 \longrightarrow (2 \times 3 \times 3 + 2) = 20 \text{ ATP}$

$1 \text{ FADH}_2 \longrightarrow (2 \times 2) = 4 \text{ ATP}$

- AO FINAL DA CADEIA $\longrightarrow 8 + 6 + 20 + 4 = 38 \text{ ATP}$

Fermentação

- É o processo de degradação incompleta de substâncias orgânicas com liberação de energia, realizada principalmente por fungos e bactérias;
- Existem diversos tipos de fermentação, que variam quanto ao produto final;
- No processo de fermentação, o acceptor final de hidrogênios é o produto final [\(6\)](#).

Fermentação

- Pode ser de dois tipos:
- **Fermentação Alcoólica;**
- **Fermentação Láctica.**

Fermentação Alcoólica

- Produtos Finais: etanol, CO_2 e 2 ATPs;
- Realizada por leveduras que são utilizadas na produção, pouco eficaz , no que diz respeito à liberação de energia, pois uma molécula de glicose só rende 2 ATPs.

Fermentação Alcoólica

- Utilização pelo homem:



Imagem: Christian / Public Domain



Imagem: Marius Fiskum / Creative Commons Attribution 3.0 Unported



Imagem: André Karwath aka Aka / Creative Commons Attribution-Share Alike 2.5 Generic

Produção de bebidas alcoólicas

Fermentação Alcoólica

- Utilização pelo homem:



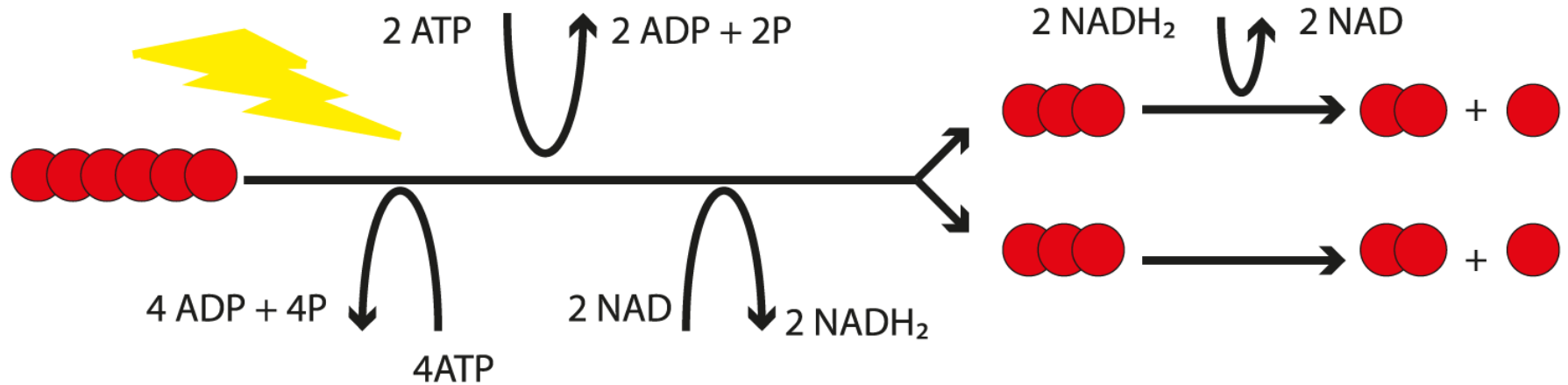
Imagem: ShadowWolf13 / Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic



Imagem: Bangin / GNU Free Documentation License

Produção de pães e bolos - fermento biológico

Fermentação Alcoólica



Fermentação Láctica

- Realizada por bactérias do leite, é empregada na preparação de iogurtes e queijos;
- Também ocorre em nossos músculos em situações de grande esforço físico;
- Também rende 2 ATPs por molécula de glicose.

Fermentação Láctica

- Utilização pelo homem:



Imagem: Christian Bauer / Creative Commons Attribution 2.0 Generic



Imagem: Feuerrabe / Creative Commons Attribution 3.0 Germany

Produção queijos e iogurtes

Exercícios

1. **(UCSal-BA)** Tendo ocorrido uma anomalia nos mitocôndrios de uma célula, qual dos seguintes processos celulares será, provavelmente, o primeiro a sofrer alteração?

- a) Glicólise
- b) Mitose
- c) Ciclo de Krebs
- d) Síntese de proteína
- e) Síntese de ácidos nucleicos



Imagem: MesserWoland e
Szczepan1990 / GNU Free Documentation License

Exercícios

2. (Cesgranrio-RJ) No exercício muscular intenso, torna-se insuficiente o suprimento de oxigênio. A liberação de energia pelas células processa-se, dessa forma, em condições relativas de anaerobiose, a partir da glicose. O produto principalmente acumulado nessas condições é:

- a) Ácido pirúvico
- b) Ácido láctico
- c) Ácido acetoacético
- d) Etanol
- e) Ácido cítrico



Imagem: Scoobytrash e Rafaelgarcia / GNU Free Documentation License

Exercícios

3. Em que a fermentação difere do metabolismo aeróbico?

A fermentação difere da aerobiose por ser um processo mais primitivo, com um rendimento energético menor, já que o combustível usado não é totalmente metabolizado.