

COLÉGIO ESTADUAL HELENA KOLODY – E.M.P.
TERRA BOA - PARANÁ

RESPIRAÇÃO CELULAR e
FERMENTAÇÃO

Professora Leonilda Brandão da Silva

E-mail: leonildabrandaosilva@gmail.com

<http://professoraleonilda.wordpress.com/>

CAPÍTULO 8 – p. 99

Respiração celular e Fermentação



Alpinista no pico do monte Everest, que tem 8 848 metros de altitude. Foto tirada em 2014.

- O **monte Everest**, no Nepal, é a montanha mais alta do mundo.
- Perto do topo, a temperatura pode chegar a **70 °C negativos**, e há apenas **30% do oxigênio** que existe na atmosfera no nível do mar.
- Sem cilindro de ar, treinamento adequado e roupas especiais, qualquer pessoa que se aventurar a chegar ao topo do Everest **correrá um risco ainda maior de nunca voltar**.

PROBLEMATIZAÇÃO

- Todos os seres vivos precisam do O_2 para sobreviver?
- Como são chamados os que necessitam de oxigênio para sobreviver? E os que não precisam?
- Como o gás oxigênio é usado no organismo?
- Para que serve o alimento que ingerimos?
- Você sabe como as células obtêm a energia contida nos alimentos?
- Qual é a principal molécula utilizada pelas células como fonte de energia?
- Quais os produtos da fermentação alcoólica? E da fermentação láctica?
- Que seres vivos fazem fermentação?
- Por que sentimos dores musculares depois de fazer atividades físicas intensas?
- Por que o fermento de padaria faz o pão crescer?

1

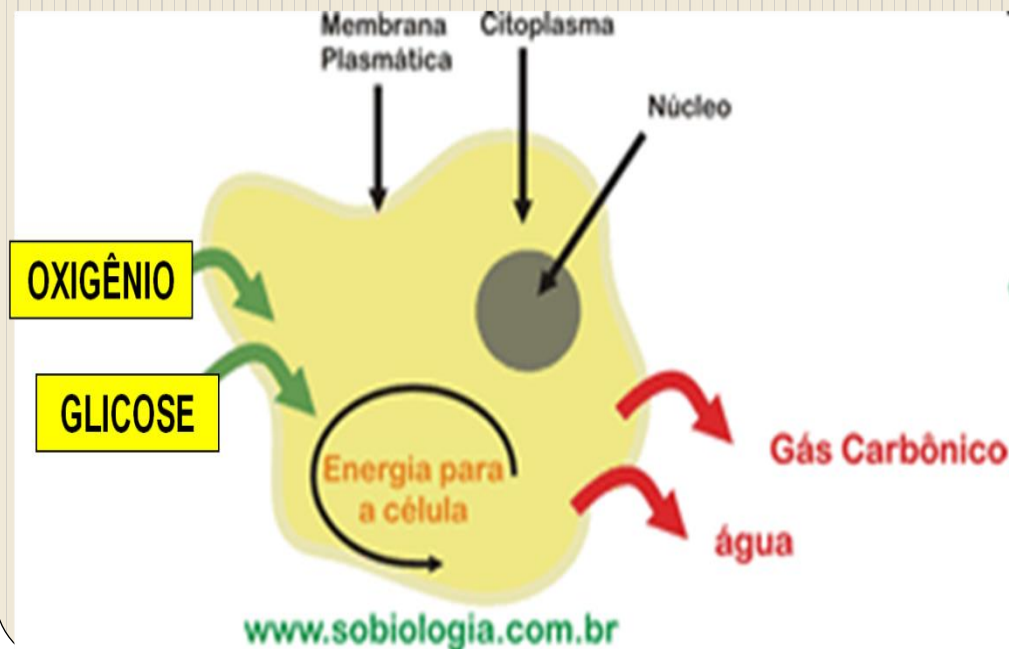
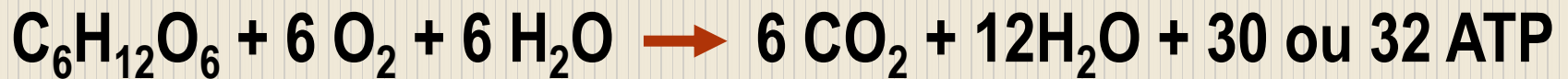
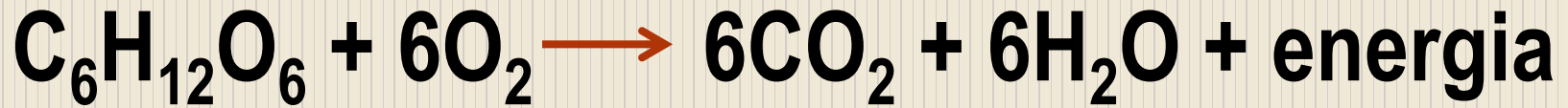
Aspectos gerais da RESPIRAÇÃO AERÓBIA

A respiração aeróbia é o processo de obtenção de energia utilizado pela **maioria dos seres vivos**.

- É realizada por muitos:
 - Procariontes
 - Protistas
 - Fungos
- Todas as Plantas.
- Todos os Animais.

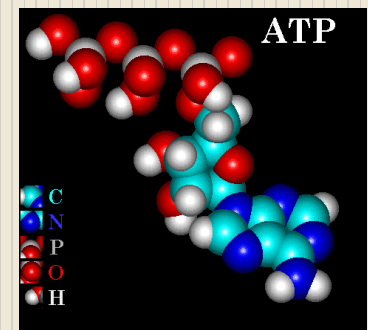
- Uma das maneiras + eficientes de **retirar a energia** contida nas ligações químicas de uma substância é provocar a reação de suas moléculas com o oxigênio.
- É o que ocorre quando se **queima a gasolina ou madeira** (combustão), as ligações são rompidas, e os átomos de C e H estabelecem novas ligações, formando CO_2 e água, que contém menor energia.
- **Na respiração também forma-se CO_2 e H_2O .**
- A diferença entre a **respiração** e a **combustão** é que:
- na **combustão** a reação é violenta, com liberação de grande quantidade de energia em pouco tempo.
- na **respiração**, a quebra das cadeias de C é feita de forma gradativa, e a energia é liberada em pequenas parcelas; caso contrário, **o calor produzido destruiria a célula**.

- A principal molécula utilizada pelas células como fonte de energia é a **GLICOSE**.
- O processo de **respiração aeróbia** pode ser resumido pela equação:



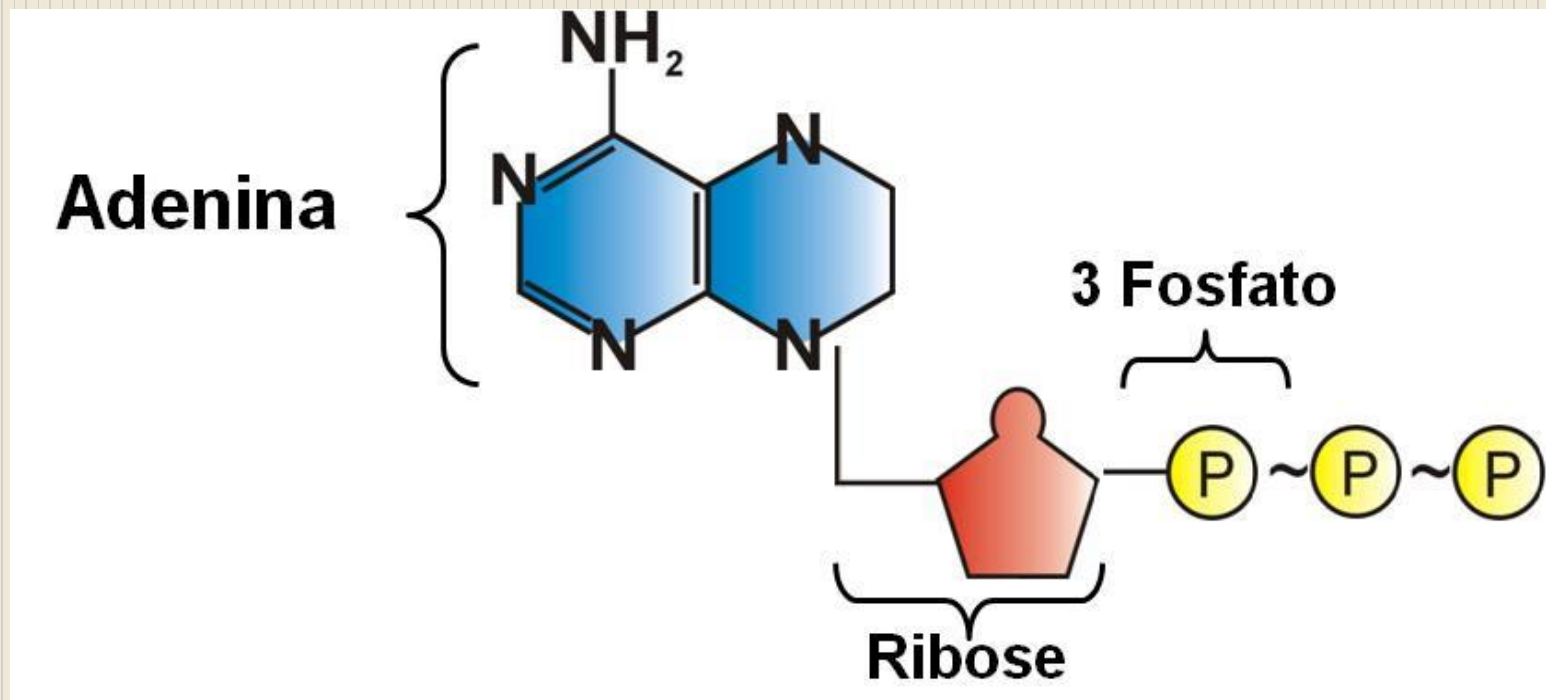
Essa equação resume o processo respiratório, mostrando as substâncias que reagem (**glicose e oxigênio**), as substâncias produzidas (**CO₂ e água**) e a proporção relativa entre elas.

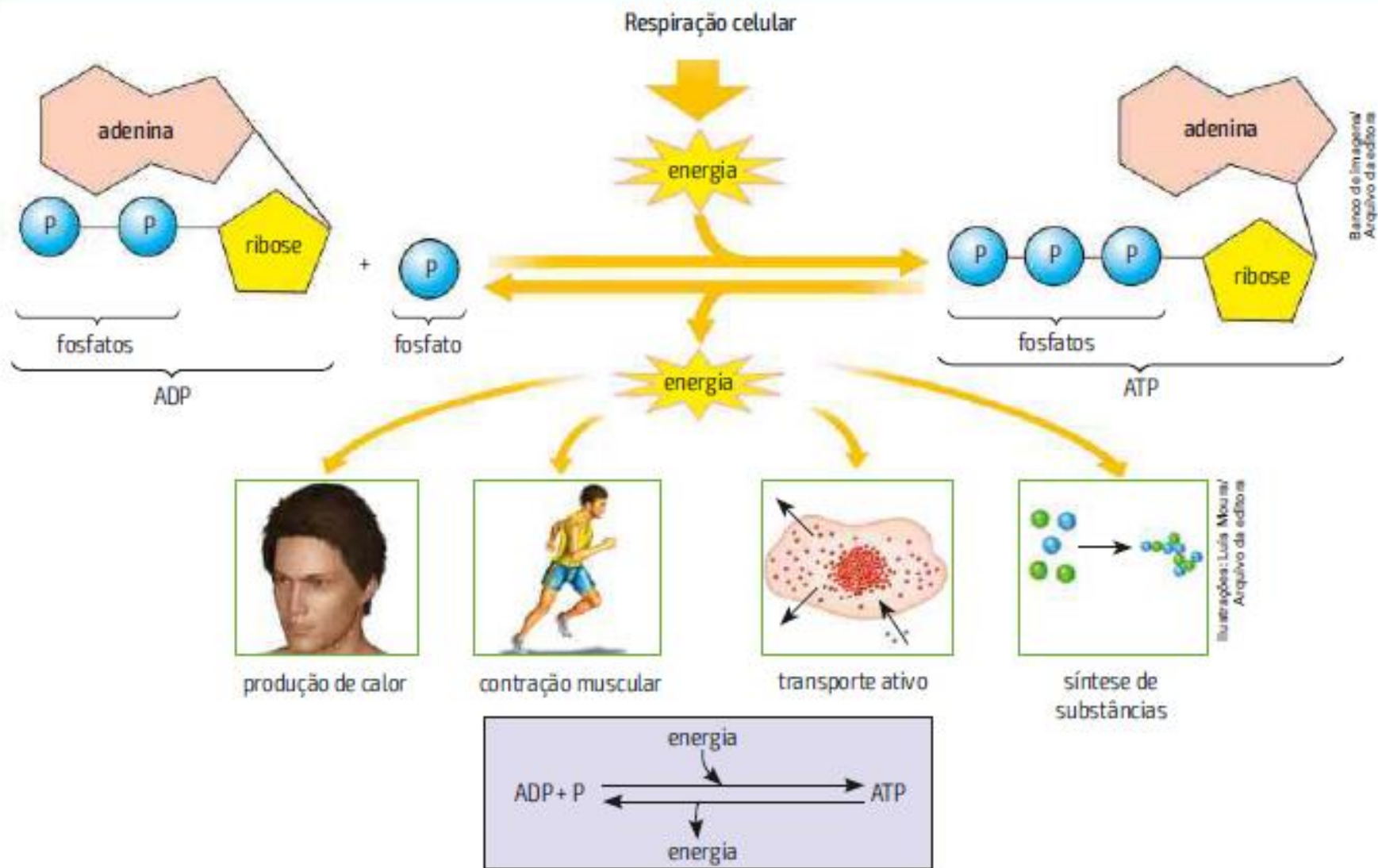
- A energia obtida na respiração **não é usada de imediato.**
- Cada parcela é utilizada na síntese de uma molécula de ATP a partir de uma ADP + um fosfato. Essa reação se chama **fosforilação e forma ATP** com um fosfato rico em energia.
- O ATP funciona dentro da célula como “**moeda energética**”, que pode ser gasta pela célula quando esta necessitar.
- Quando uma **célula precisa de energia** para realizar algum trabalho, a ligação entre o ADP e o fosfato é quebrada, liberando energia.
- O ADP e o fosfato podem ser **‘recarregados’** e formar ATP de novo.



ATP: PEQUENOS “PACOTES” DE ENERGIA

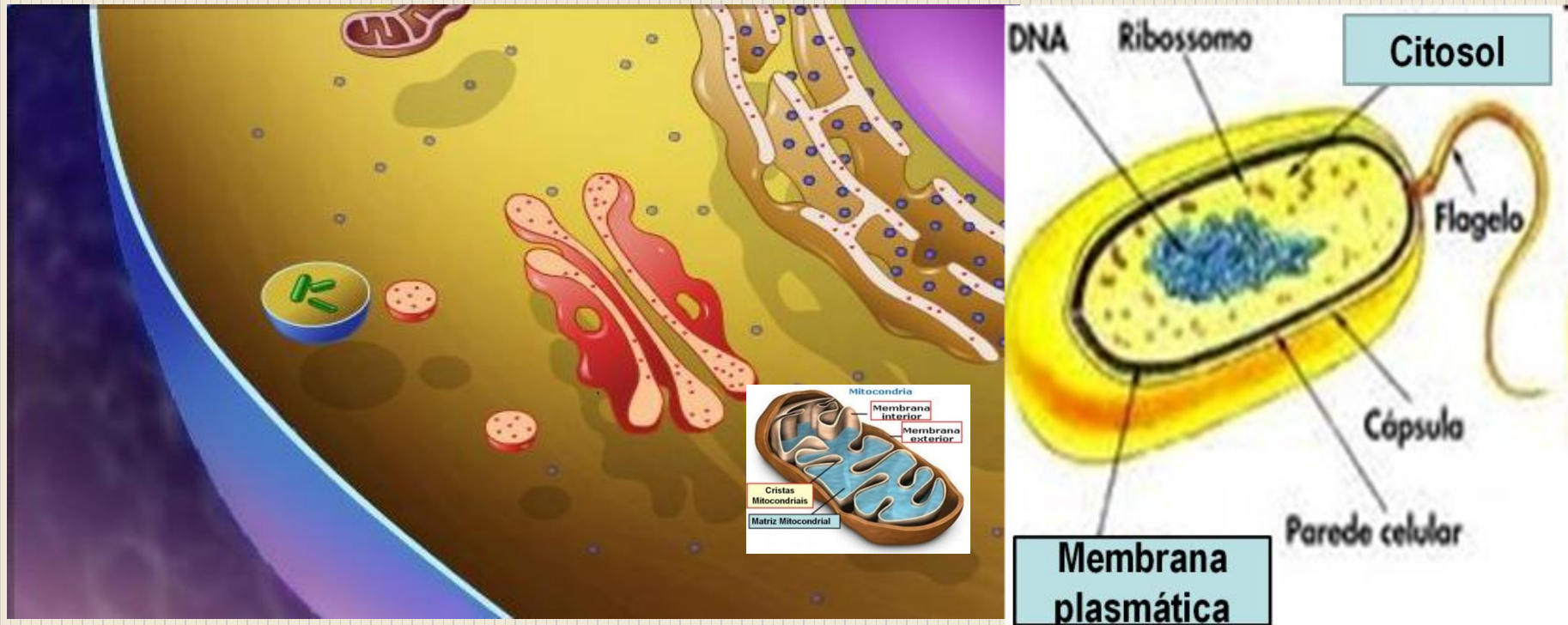
- O ATP (adenosina trifosfato) é **um nucleotídeo formado** por uma substância que contém **N**, uma **adenina (base nitrogenada)**, que está ligada a uma **ribose (açúcar)** e a **três íons fosfato**.





O ATP acumula a energia da respiração celular e é distribuído para as diversas partes da célula que consomem energia.

- A **respiração aeróbia** começa no citosol e, nos eucariontes, termina no interior da mitocôndria.
- Nos procariontes suas etapas finais ocorrem na membrana plasmática.
- Já a **fermentação** ocorre no **citosol** – tanto nos procariontes como nos eucariontes.

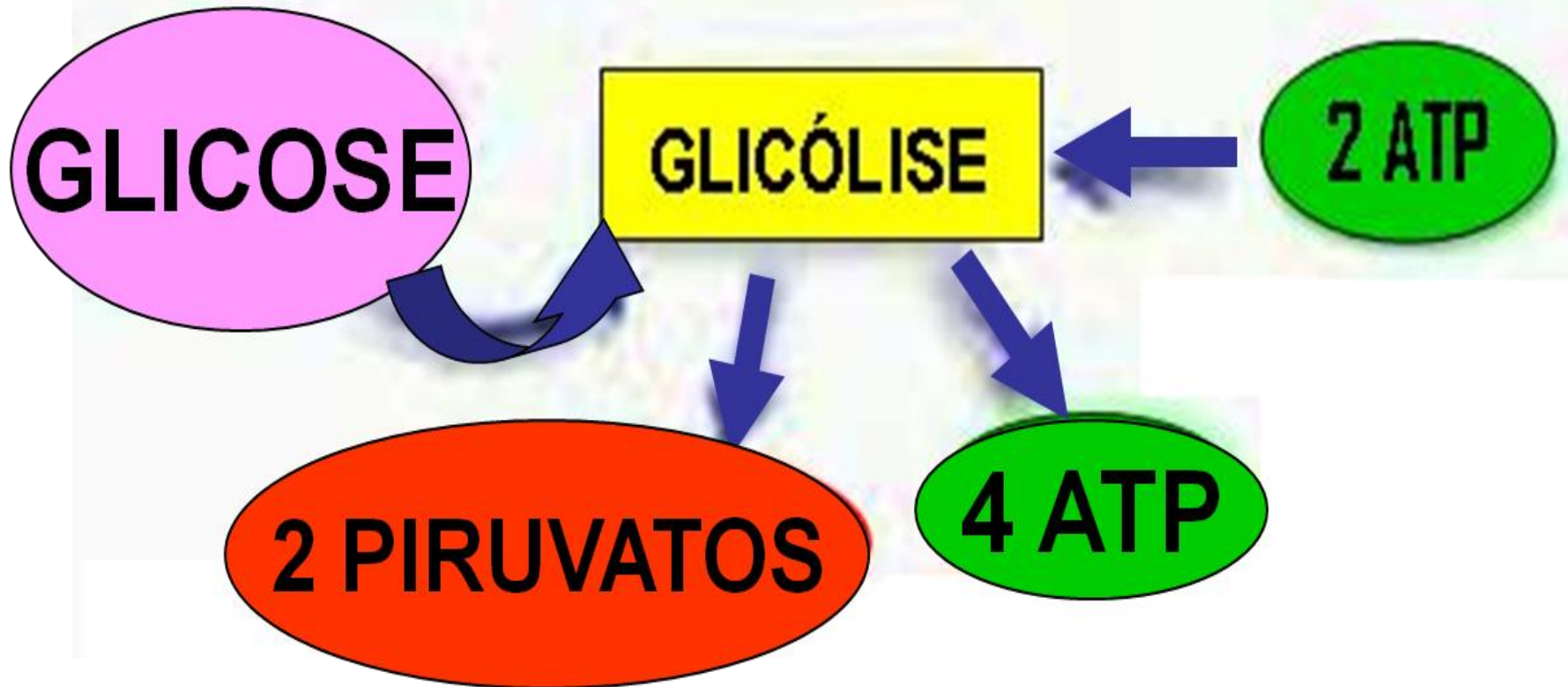


- A respiração pode ser dividida nas seguintes etapas:
 - Glicólise
 - Ciclo de Krebs e
 - Cadeia Respiratória.

1. GLICÓLISE

- Essa etapa ocorre no **CITOSOL** e consiste na quebra parcial da glicose ($C_6O_{12}H_6$) em duas moléculas de ácido pirúvico ($C_3O_4H_3$).
- Durante essa quebra parcial da glicose, que envolve várias reações, uma parte da energia é liberada em 4 parcelas, permitindo a produção de **4 moléculas de ATP**.
- Como foram gastas duas moléculas para ativar a glicose, **o saldo é de duas moléculas de ATP**.

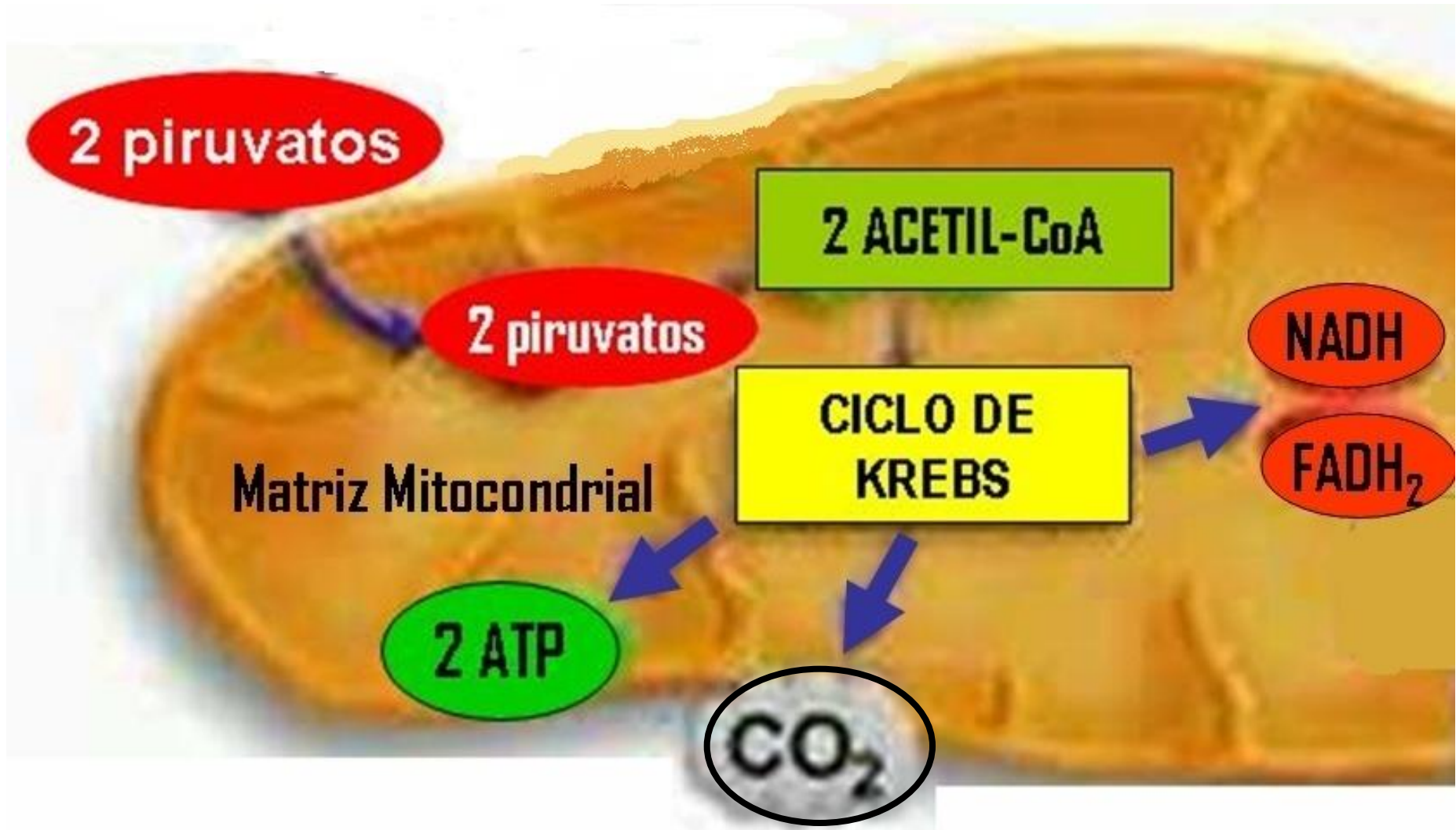
1 - GLICÓLISE



2. CICLO DE KREBS

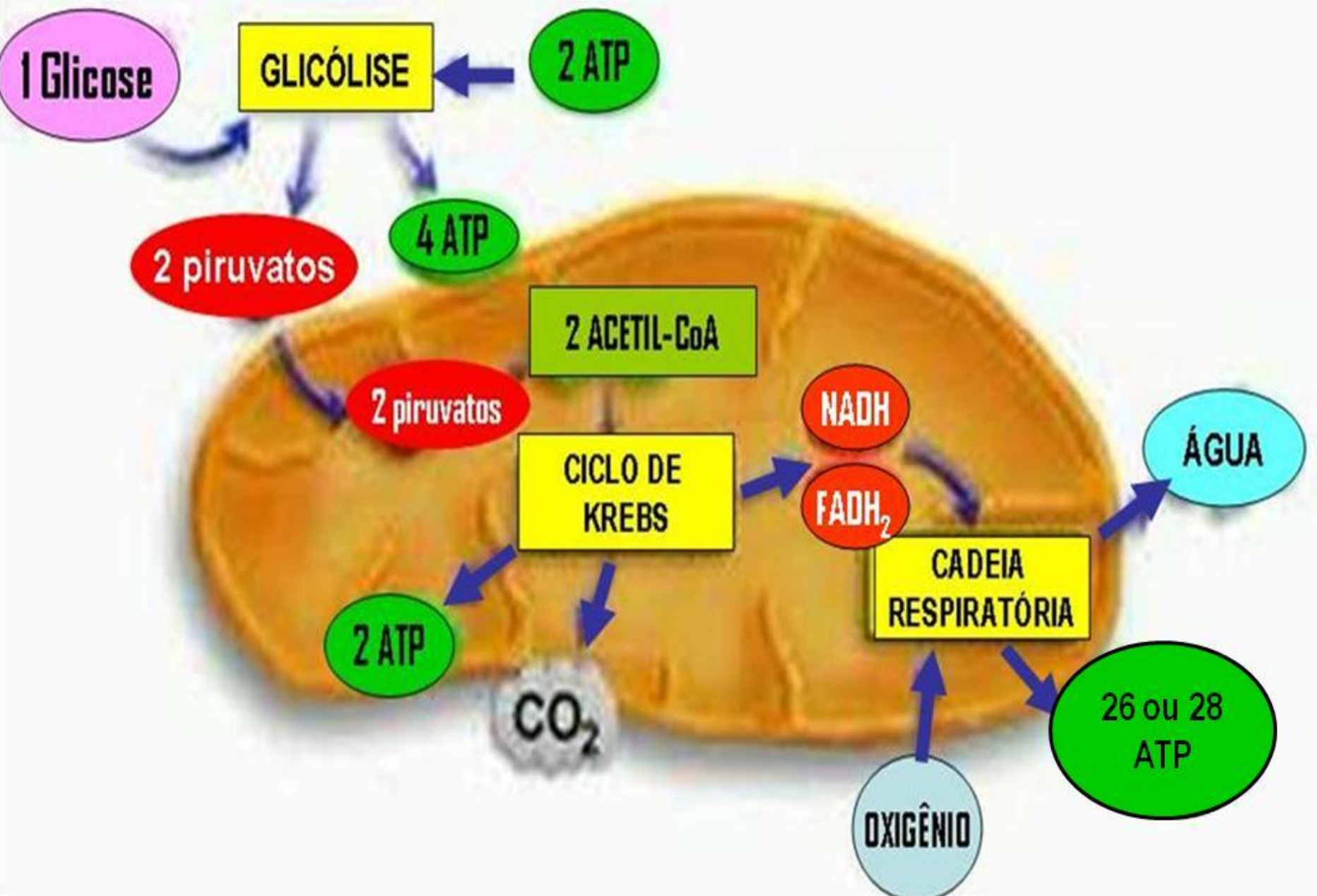
- Estudada em 1938 pelo bioquímico alemão Hans Krebs, essa etapa ocorre na matriz da mitocôndria e no citosol das bactérias aeróbias.
- Antes do ciclo iniciar, o **ácido pirúvico** é oxidado perdendo átomos de hidrogênio e elétrons e forma-se uma molécula de NADH e um CO₂.
- Há ainda a formação de **ácido cítrico**, que sofre desidrogenações e liberando CO₂. Forma-se então vários outros compostos intermediários.
- Além de liberar a energia de forma gradativa, o ciclo de Krebs permite que os compostos intermediários formados no processo sirvam de ligação entre o metabolismo da glicose e de outras substâncias como lipídios e proteínas.

2 - CICLO DE KREBS



CADEIA RESPIRATÓRIA

- Nesta etapa, que ocorre na **membrana interna da mitocôndria** e na **MP das bactérias aeróbias**, os átomos de H retirados pelo NAD das cadeias de C durante a glicólise e o ciclo de Krebs são transportados até o O_2 , formando H_2O e ATP.
- Na realidade, não são transportados átomos de H, mas seus elétrons.
- Nesse processo, o oxigênio é a molécula que se reduz definitivamente, recebendo elétrons e íons H^+ formando **ÁGUA.**
- O oxigênio participa diretamente apenas da última etapa da cadeia respiratória.



- Nas **células procariotas**, bactérias, a respiração aeróbia pode produzir um 38 moléculas de ATP por molécula de glicose, mas o rendimento real da respiração é inferior.
- Nas **células eucariotas**, uma parte da energia liberada na cadeia respiratória é consumida no transporte das moléculas de ATP, e o saldo de moléculas de ATP pode chegar a 30 ou 32 ATP, dependendo do tipo de célula. Mas esses n^os também podem variar de acordo com as condições metabólicas da célula.

BALANÇO ENERGÉTICO DA RESPIRAÇÃO AERÓBIA

Produção de ATP na célula eucariota para cada molécula de glicose:

- **Glicólise = 2 ATP**
- **Ciclo de Krebs = 2 ATP**
- **Cadeia respiratória = 26 ou 28 ATP**

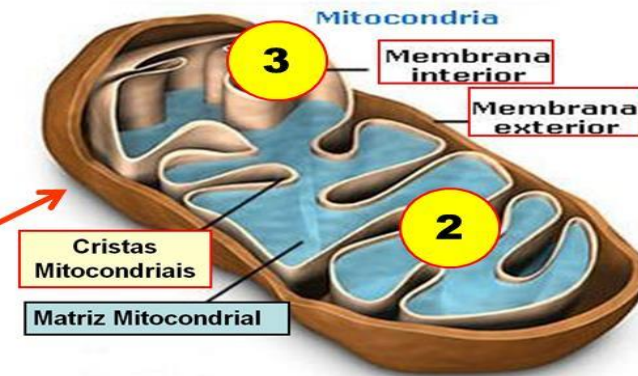
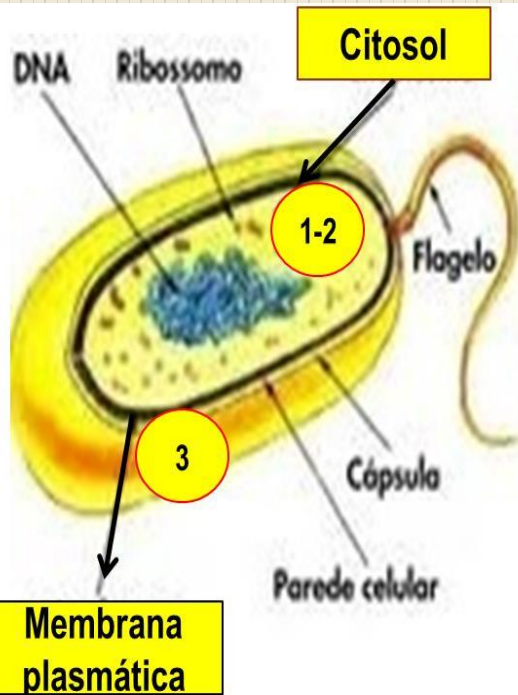
TOTAL = 30 ou 32 ATP dependendo do tipo de célula.

Nas células procariotas é sempre 38 ATPs.

OBS: São valores aproximados, podem variar.

RESUMO DO SALDO EM ATP

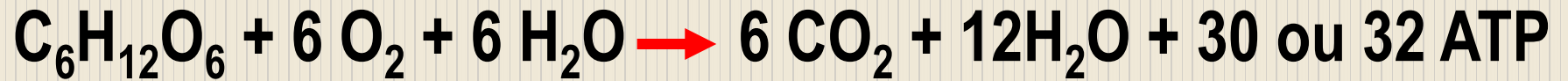
Etapa / Local de ocorrência nos eucariontes	Saldo em ATP
Glicólise (Citosol)	2
Ciclo de Krebs (Matriz da mitocôndria)	2
Cadeia Respiratória (Cristas mitocondriais)	26 ou 28
TOTAL	30 ou 32



Onde ocorrem cada etapa nos **procariontes**:

- Glicólise e o Ciclo de Krebs ocorrem no **citossol**.
- Cadeia respiratória ocorre na **M. Plasmática**.

Podemos sintetizar a respiração aeróbia na forma de equação:

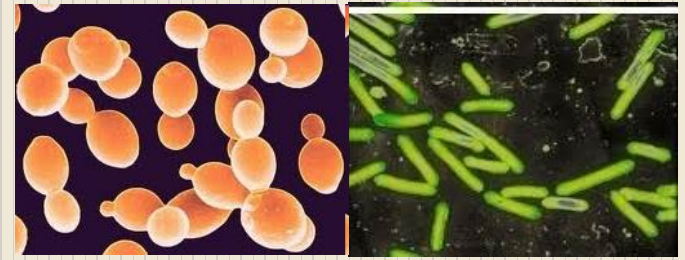


VÍDEO:

Biologia - Respiração celular

Duração: 2:03

<https://www.youtube.com/watch?v=NV6qqcr4o6s>

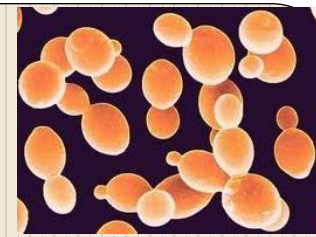


- Na **fermentação** a glicose é quebrada sem consumo de O_2 do ambiente.

ANAERÓBIOS ESTRITOS ou OBRIGATÓRIOS

- São os organismos, em que esse processo é a única fonte de energia. Eles não possuem as enzimas responsáveis pelo ciclo de Krebs e cadeia respiratória.
- O **O_2 é tóxico** para eles, portanto, só crescem na ausência desse gás.
- É o caso da bactéria que causa o tétano e da que causa o botulismo.

ANAERÓBIOS FACULTATIVOS



- Outros organismos, como o levedo da cerveja, embora possuam enzimas e façam respiração aeróbia, podem realizar a fermentação caso o O_2 falte no ambiente.

AERÓBIOS ESTRITOS

- A maioria dos seres vivos só realizam respiração aeróbia e morre quando falta o O_2 no ambiente – aeróbios estritos.
- Estão representados principalmente pelos eucariontes pluricelulares, pois consomem + energia que os procariontes.
- O ser humano **não sobreviveria 3 minutos** se dependesse **apenas da fermentação** como fonte de energia.

ENERGIA LIBERADA NA FERMENTAÇÃO

- Na fermentação, a quebra da glicose termina na glicólise. Não havendo O_2 , outra molécula terá de receber os átomos de H.
- Essa molécula pode ser o **ácido pirúvico** ou outro fragmento da glicose, que recebendo os átomos de H, forma um **produto final**, que não é a água, pode ser formado o álcool etílico, ácido acético ou ácido láctico.
- Como a glicose não é totalmente quebrada e oxidada a CO_2 e água, **a fermentação não libera toda a energia de sua molécula e os produtos ainda possuem energia armazenada**.
- O saldo energético da fermentação é de apenas **duas moléculas de ATP** para cada molécula de glicose.

Botulismo e tétano

A bactéria causadora do botulismo, o *Clostridium botulinum*, produz toxinas perigosas para o ser humano. Essa espécie de bactéria pode crescer e se reproduzir em alimentos enlatados e em conserva que tenham sido mal esterilizados. Um sinal que indica a existência dessa bactéria é o gás produzido na fermentação, que faz a lata ficar estufada. Pessoas intoxicadas precisam receber tratamento imediato, com soro antibotulínico e antibióticos, pois correm risco de morrer.

Para a prevenção do botulismo e de outras intoxicações alimentares, os alimentos devem ser preparados e conservados adequadamente. Não se devem consumir alimentos com cheiro estranho ou enlatados cuja embalagem esteja em mau estado de conservação ou estufada.

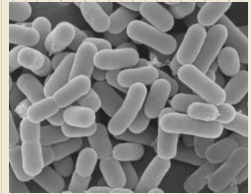
Embora a toxina produzida pelo *Clostridium botulinum* seja perigosa, seu uso controlado é indicado para diversos tipos de tratamento estético (figura 8.6) e de saúde. As aplicações de produtos com a toxina botulínica funcionam porque ela bloqueia a liberação de um neurotransmissor que transporta mensagens entre o cérebro e as fibras musculares. Por isso, a musculatura que recebeu a aplicação permanece relaxada por um período de tempo.

O tétano é uma infecção provocada pela contaminação de ferimentos pela bactéria *Clostridium tetani*, que se reproduz em feridas profundas, com pouco suprimento de oxigênio, ou em ferimentos não tratados, com células mortas e detritos do ambiente na superfície. O doente precisa ser logo tratado com soro antitetânico, antibióticos e relaxante muscular, porque a doença causa contrações musculares que podem provocar asfixia e morte. O mais recomendável é prevenir a doença com uma vacina tomada na infância em três doses, com intervalo de um mês, e, depois, um reforço a cada dez anos.



Figura 8.6 Toxina botulínica usada em tratamento estético para reduzir marcas de expressão na pele. Tratamentos semelhantes são utilizados também por dentistas para aliviar dores na mandíbula por conta do excesso de tensão muscular.

FERMENTAÇÃO LÁCTICA – p.104



- **logurtes** e **coalhadas** são produzidos com leite e uma mistura em igual proporção de microrganismos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, conhecidos por **lactobacilos**.
- Isso porque a fermentação da lactose do leite produz **ácido láctico**, que coagula o leite, transformando-o em coalhada ou iogurte.
- Os lactobacilos são encontrados em nosso intestino, onde fabricam vitaminas úteis ao organismo (complexo B).



FERMENTAÇÃO LÁCTICA NOS MÚSCULOS

- As **células musculares** podem realizar tanto respiração aeróbia quanto fermentação láctica, dependendo da disponibilidade de oxigênio e da intensidade da atividade física.
- Durante esforço muscular muito rápido e intenso, o O₂ que chega ao músculo não é suficiente para a obtenção de toda a energia necessária.
- **Para compensar, as células musculares realizam fermentação láctica.**
- Posteriormente, parte do ácido produzido é conduzido ao fígado onde é convertido em **glicose**.
- A respiração ofegante após o exercício contribui para a remoção do ácido láctico e o reabastecimento de ATP e glicogênio.

FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA – p. 105

- A produção do **vinho** e da **cerveja** é resultado da fermentação realizada por um FUNGO unicelular (levedo de cerveja ou fermento), chamado *Saccharomyces cerevisiae*.
- Na **fermentação alcoólica**, são produzidos **CO₂** e **álcool etílico**. O CO₂ pode ser mantido na bebida, como na cerveja e champanhe.
- Mas, como é um ser anaeróbio facultativo, dependendo da taxa de O₂ presente no processo, esse fungo realizará respiração aeróbia.
- Por isso, se houver muito O₂, o fungo não produzirá álcool, mas CO₂ e água. Nesse caso a fermentação fica inibida pelo O₂, “efeito Pasteur”.
- A fermentação também é usada na **produção do álcool combustível**. No Brasil o álcool é produzido pela fermentação da cana de açúcar.
- O **fermento de padaria**, contendo o fungo *Saccharomyces* vivo, faz crescer a massa do pão pela produção do CO₂.





Louis Pasteur e a fermentação

Louis Pasteur (1822-1895) fez muitas contribuições para a ciência e para melhorar nossa qualidade de vida. Pasteur mostrou, por exemplo, que a raiva é transmitida por agentes menores que as bactérias (os vírus) e que formas enfraquecidas desses agentes podem ser usadas para imunizar o organismo humano contra as formas mais virulentas. Surgiu, assim, a vacina contra a raiva.

Outro estudo coordenado por Pasteur mostrou que há microrganismos envolvidos na produção de álcool e de outros produtos por meio da fermentação e que esse fenômeno acontece na falta de oxigênio.

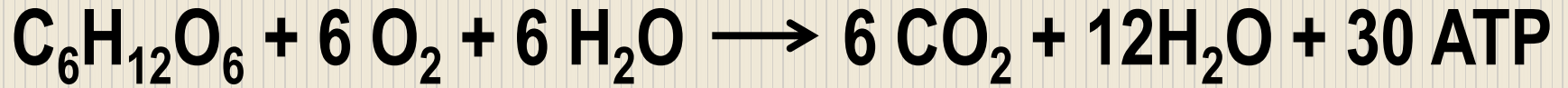
Depois de descobrir que o vinho se deteriorava pela ação de certos microrganismos, ele tentou eliminá-los aquecendo o vinho até 60 °C por vários minutos. Esse processo, chamado pasteurização, é usado hoje para possibilitar a comercialização de vários produtos. O leite, por exemplo, é aquecido até 72 °C por 15 segundos em equipamento especial e depois resfriado rapidamente.

Embora nem todos os microrganismos sejam destruídos pela pasteurização, seu número fica bastante reduzido, o que contribui para que os alimentos durem mais.

**4****RESPIRÇÃO ANAERÓBIA – p.105**

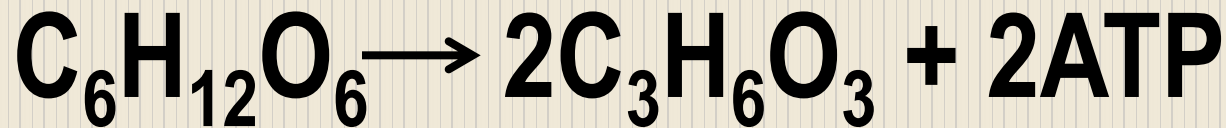
- Embora às vezes a fermentação também seja chamada de respiração anaeróbia, na realidade é um processo diferente.
- Na FERMENTAÇÃO o **composto orgânico** derivado da glicose é usado como **aceptor final de H**, não havendo ciclo de Krebs nem cadeia respiratória.
- Na RESPIRÇÃO ANAERÓBIA, há um ciclo de Krebs e uma cadeia respiratória, mas o **oxigênio não é o aceptor final** dos H retirados da glicose.
- Esses **H são recebidos por compostos inorgânicos** do ambiente (nitratos, sulfatos ou carbonatos).
- É realizada por algumas bactérias que vivem em solos profundos, com pouco O₂.

Respiração aeróbia



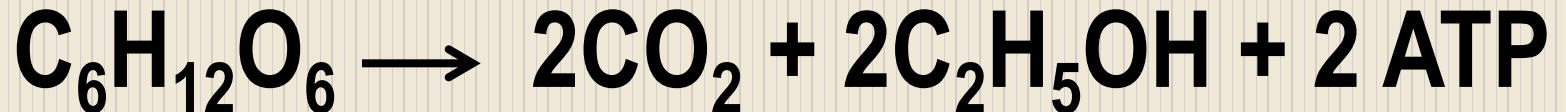
Água

Fermentação láctica



Ácido láctico

Fermentação alcoólica



Álcool etílico



O álcool e os reflexos

O consumo de álcool diminui os reflexos e prejudica a coordenação motora de uma pessoa, além de poder provocar sonolência. Por isso, é muito perigoso dirigir veículos sob o efeito dessa substância. Essa mistura de álcool e direção é uma das principais causas dos acidentes com veículos. Estudos revelam que, do total de acidentes de trânsito que resultam em internação ou morte, entre 30% e 50% foram provocados por motoristas que consumiram álcool antes de dirigir.

Por causa disso, pessoas que dirigem depois de beber estão sujeitas às punições da lei. A partir de dezembro de 2012, a chamada "lei seca" determina que é crime "conduzir veículo automotor com capacidade psicomotora alte-

rada em razão da influência de álcool ou de outra substância psicoativa que determine dependência". Isso significa que o limite de 6 dg/L (decigramas por litro) de álcool no sangue, geralmente determinado pelo uso do bafômetro, passou a ser apenas uma das formas de comprovar embriaguez. Outros sinais que indiquem embriaguez, como a coordenação motora e o equilíbrio comprometidos, também podem ser usados como prova da contravenção.

Além do risco de detenção, a multa para os infratores dobra em caso de reincidência no período de um ano. O veículo é retido até a apresentação de um condutor habilitado.

PROBLEMATIZAÇÃO

- Todos os seres vivos precisam do O_2 para sobreviver?
- Como são chamados os que necessitam de oxigênio para sobreviver? E os que não precisam?
- Como o gás oxigênio é usado no organismo?
- Para que serve o alimento que ingerimos?
- Você sabe como as células obtêm a energia contida nos alimentos?
- Qual é a principal molécula utilizada pelas células como fonte de energia?
- Quais os produtos da fermentação alcoólica? E da fermentação láctica?
- Que seres vivos fazem fermentação?
- Por que sentimos dores musculares depois de fazer atividades físicas intensas?
- Por que o fermento de padaria faz o pão crescer?

ATIVIDADES – p. 100 a 105

- 1) Qual é a principal molécula utilizada pelas células como fonte de energia? (1)**
- 2) Onde é armazenada a energia obtida na respiração celular?1**
- 3) Quais as etapas da respiração aeróbia? (2)**
- 4) Explique em que consiste a glicólise. (2)**
- 5) Nos eucariontes, onde ocorre cada etapa da respiração aeróbia? (2)**
- 6) Qual é o saldo energético (ATP) no final da respiração aeróbia dos eucariontes? E dos procariontes (1)**
- 7) Diferencie respiração aeróbia da fermentação. (3)**
- 8) Em qual dos processos o ganho energético é maior na respiração aeróbia ou na fermentação? Compare. (2)**

- 9) Quais os produtos úteis ao homem são obtidos por meio da fermentação? (2)
- 10) Por que às vezes as células do músculo humano realiza fermentação láctica?(4)
- 11) Que grupo de seres vivos realizam a fermentação láctica e a alcoólica? (2)
- 12) Quais os produtos da fermentação alcoólica? E da fermentação láctica?
- 13) Por que o fermento de padaria faz o pão crescer? (3)
- 14) Escreva a equação completa da respiração aeróbia, da fermentação alcoólica e da láctica.

Responder as questões do livro:

1 a 15 e a 22 (exceto 11) - pág. 106 a 108