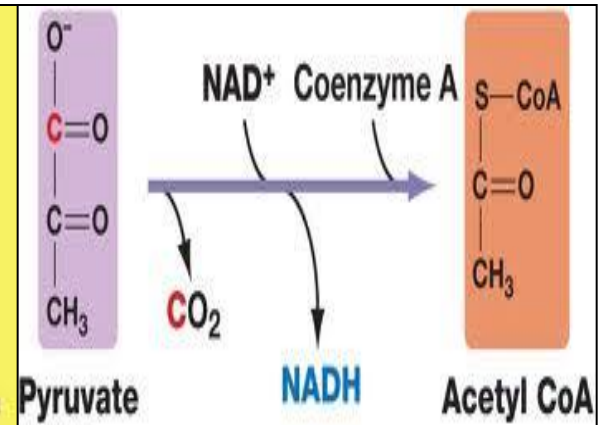
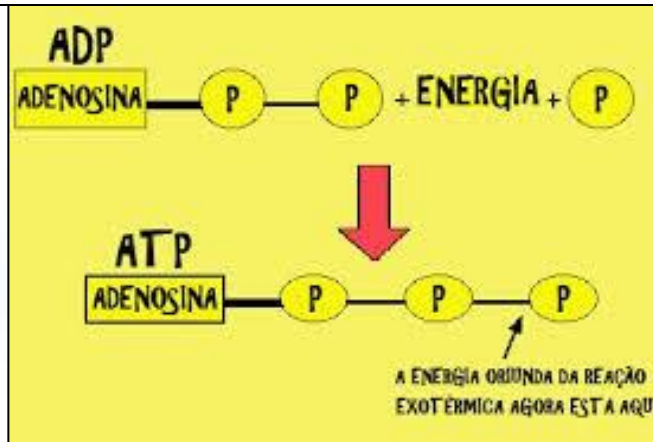
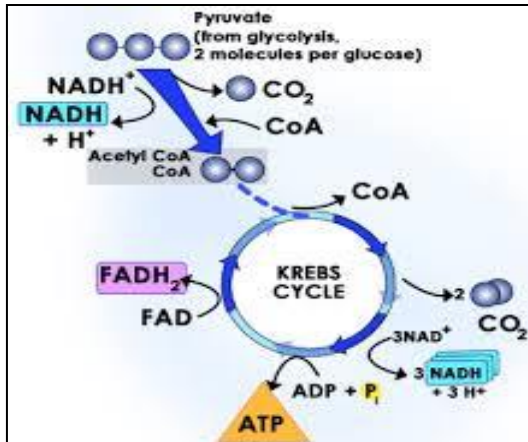


## BIOENERGÉTICA



# Bioenergética – Fontes de Energia

- A energia define-se como a *“capacidade de realizar trabalho”*. Neste sentido, assumimos o conceito de trabalho como a *“aplicação de uma força através de uma determinada distância”*.

O conceito de bioenergética refere-se ao *“processo metabólico de conversão da energia obtida através dos nutrientes (química) em trabalho muscular (mecânica)”*. Podemos classificar como compostos orgânicos aqueles onde se verifica a presença do carbono ( $=C=$ ) ou, na sua ausência, denominamos compostos inorgânicos.

# Bioenergética – Fontes de Energia

- Os alimentos são compostos por **carbono (C)**, **hidrogénio (H)**, **oxigénio (O)** e no caso das proteínas, **nitrogénio (N)**. A energia das ligações moleculares dos alimentos é libertada quimicamente no interior das células e, em seguida, armazenada sob a forma de um composto altamente energético, o denominado **Adenosina Trifosfato (ATP)**.
- As ligações moleculares dos alimentos são relativamente fracas e como consequência, produzem pouca energia quando rompida. Assim, importa lembrar que *“os alimentos não são utilizados diretamente nos processos celulares”, sendo libertados quimicamente no interior das células, sendo em seguida armazenados sob a forma de um composto altamente energético chamado ADENOSINA TRIFOSFATO – ATP.*

# Hidratos de Carbono, Gordura e Proteínas

- Os **hidratos de carbono** são, em última instância, convertidos em glicose (**monossacarídeo**) que será transportado para os diversos tecidos do organismo. Em condições de repouso, os hidratos ingeridos são captados pelo tecido muscular e hepático e armazenados sob a forma de **glicogénio**, o qual será, quando necessário, convertido em glicose e disponibilizada na corrente sanguínea. As **gorduras**, apesar de fornecer um aporte superior de energia, necessitam ser reduzidas da sua forma complexa (**triglicerídeos**) para **ácidos gordos** e **glicerol**, para sua utilização como molécula de ATP.

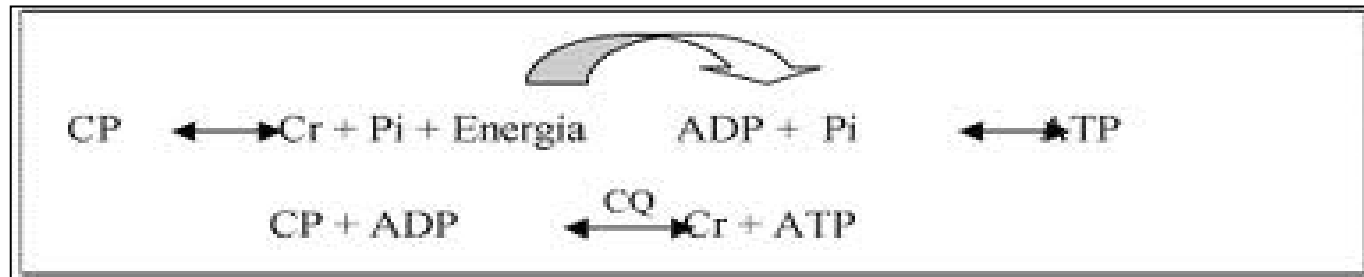
As proteínas podem também ser utilizadas como fonte de energia, devendo no entanto, ser convertidas em glicose. Sua contribuição através da gliconeogénese observa-se, em particular, nos casos de depleção severa ou inanição. As proteínas podem igualmente ser convertidas em ácidos gordos (lipogénese) para obtenção de energia.

**Reservas Corporais de Substratos e Energia – (estimado em individuo com peso 65kg-%gc 12%)**

	gr	kcal
<b>HIDRATOS DE CARBONO</b>		
Glicogénio hepático	110	451
Glicogénio muscular	250	1025
Glicose humoral	15	62
<b>Total (hidratos)</b>	<b>375</b>	<b>1538</b>
<b>GORDURAS</b>		
Subcutânea	7800	70980
Intramuscular	161	1465
<b>Total (gorduras)</b>	<b>7961</b>	<b>72445</b>

# Papel do ATP no metabolismo energético

- A estrutura do ATP consiste em um complexo de **adenosina (ribose + adenina)** e **grupos fosfato (3)**, sendo este último, o componente de maior interesse no presente estudo.

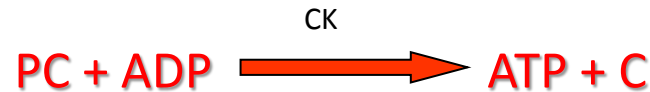


- No que respeita a função do ATP, importa saber que:
  - I) Em qualquer momento, há uma quantidade de ATP disponível na célula muscular;
  - II) A molécula de ATP está a ser regenerada constantemente;
  - III) A regeneração da molécula de ATP requer um custo energético.

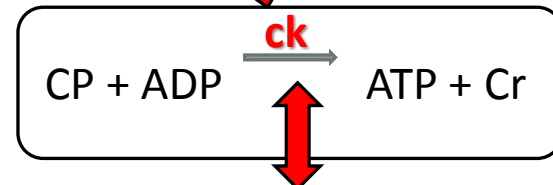


# SISTEMA ENERGÉTICO ANAERÓBIO ALÁTICO

- A) Sistema ATP-PC ou Sistema do Fosfagénio → A formação do ATP provém unicamente de um composto, a fosfocreatina (PC), que tem a função de regenerar o ATP, permitindo a continuação do trabalho muscular.



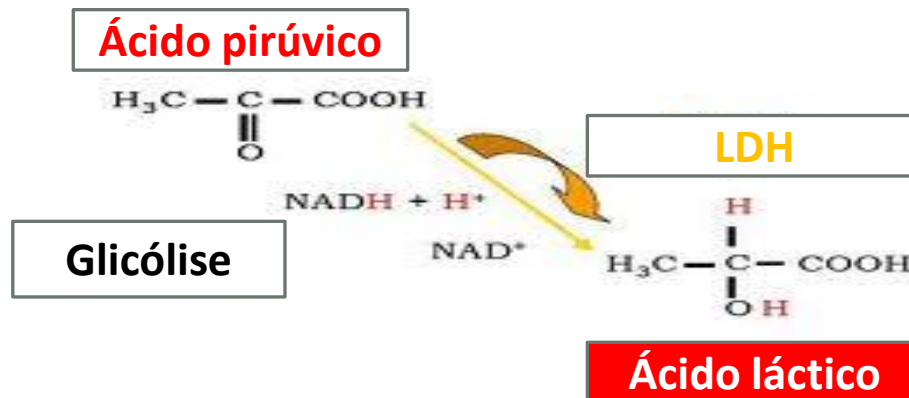
- Este processo energético alático não requer a presença de oxigénio, sendo por isso designado por anaeróbio. É utilizado para esforços de máxima intensidade e curta duração (8" – 10") devido ao facto das reservas musculares de ATP (4moles/kg) e PC (16moles/kg) se mostrarem reduzidas.



Esta reacção será catalisada pela enzima creatina-quinase (CK)

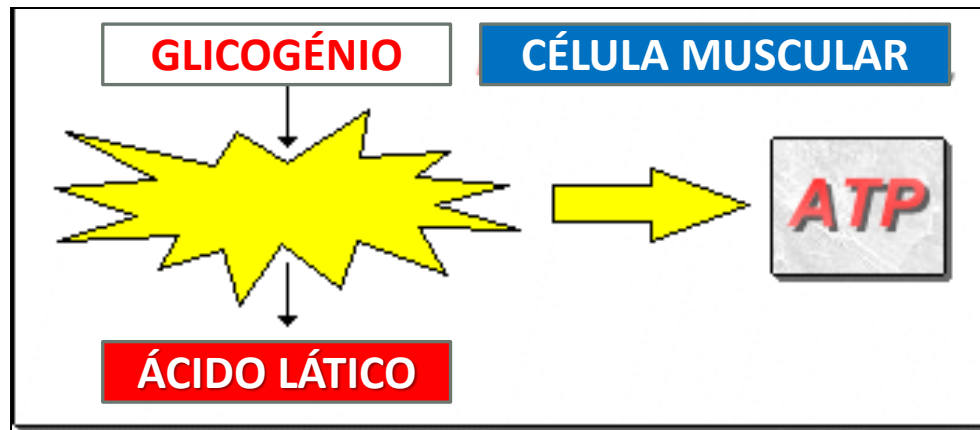
# Exercício Anaeróbico Lático – Sistema Glicolítico

- Sistema anaeróbico láctico (glicólise) - consiste num sistema responsável pela produção rápida de ATP, sem o envolvimento do oxigénio. A glicólise envolve a quebra de 1 molécula de glicose /glicogénio para a formação de 2 moléculas de ácido pirúvico. *Em resumo, a glicólise é uma via anaeróbia utilizada para transferir energia de ligações de glicose para unir o fosfato (P) ao ADP. Esta reacção ocorre no sarcoplasma da célula.*





# Exercício Anaeróbico Lático – Sistema Glicolítico



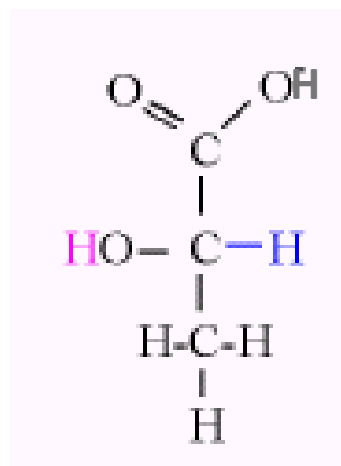
Para além das reservas de ATP e CP as células musculares contém igualmente reservas de glicogénio que têm por objetivo produzir energia para ressíntese das reservas de ATP e CP. Assim, quando o exercício é caracterizado por uma intensidade próximo do máximo (90 a 98%), e uma duração entre os 30 segundos e os 2 minutos este sistema energético é preferencialmente utilizado. O factor limitativo na utilização deste sistema energético é a acumulação do ácido láctico.

# Respostas metabólicas

## Exercício agudo e intenso

- Exercício agudo de elevada intensidade (2-20'')
  - Produção de ATP controlada pelo sistema ATP-PC
- Exercício intenso (duração superior a 20'')
  - ATP produzido principalmente através da glicólise
- Exercício intenso (duração superior a 45'')
  - Produção de ATP através do sistema ATP-PC, glicólise e fosforilação oxidativa

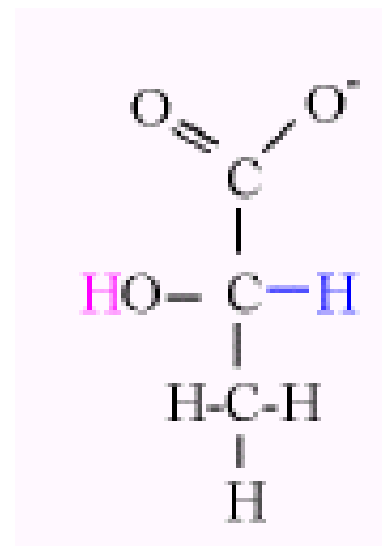
# Ácido Lático ou Lactato???



ácido láctico



**pK = 3,8**

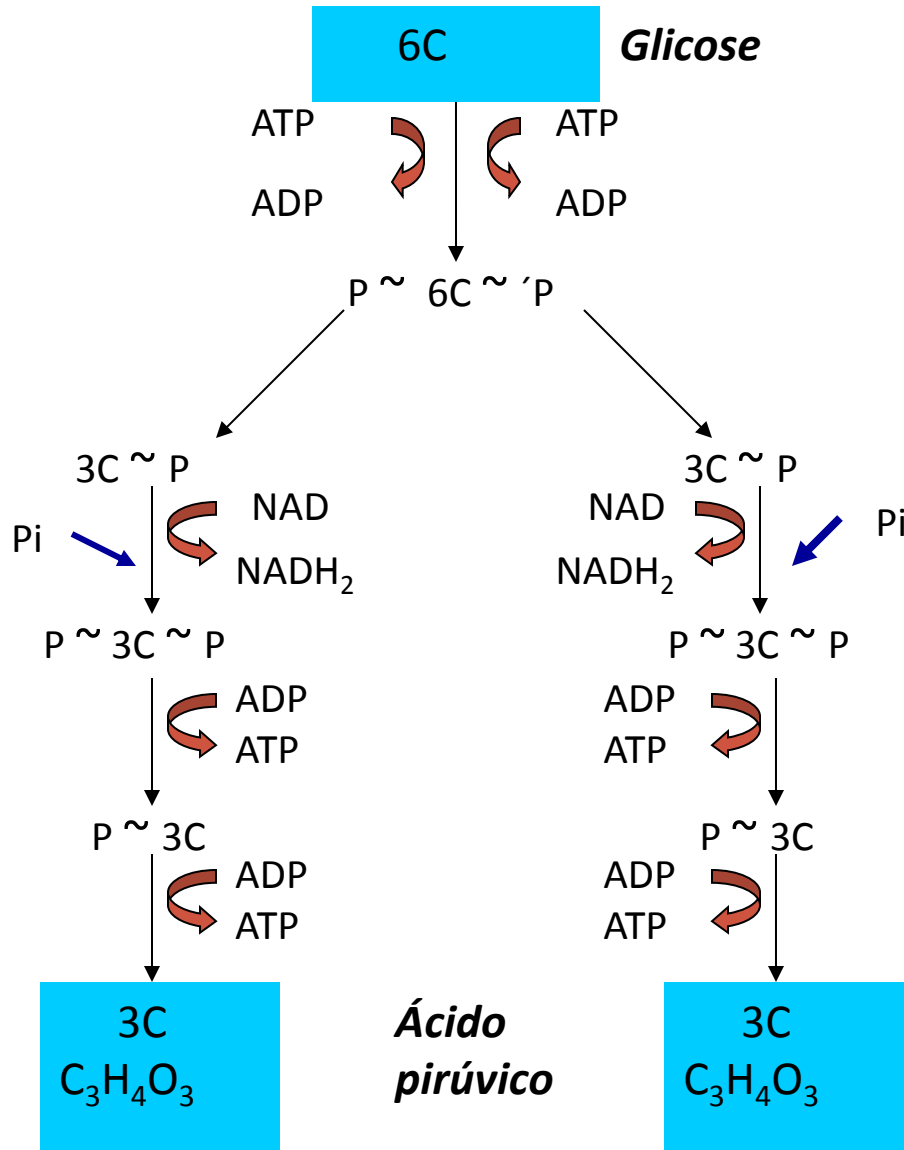


lactato

+

**H<sup>+</sup>**

# Glicólise: é um processo exotérmico

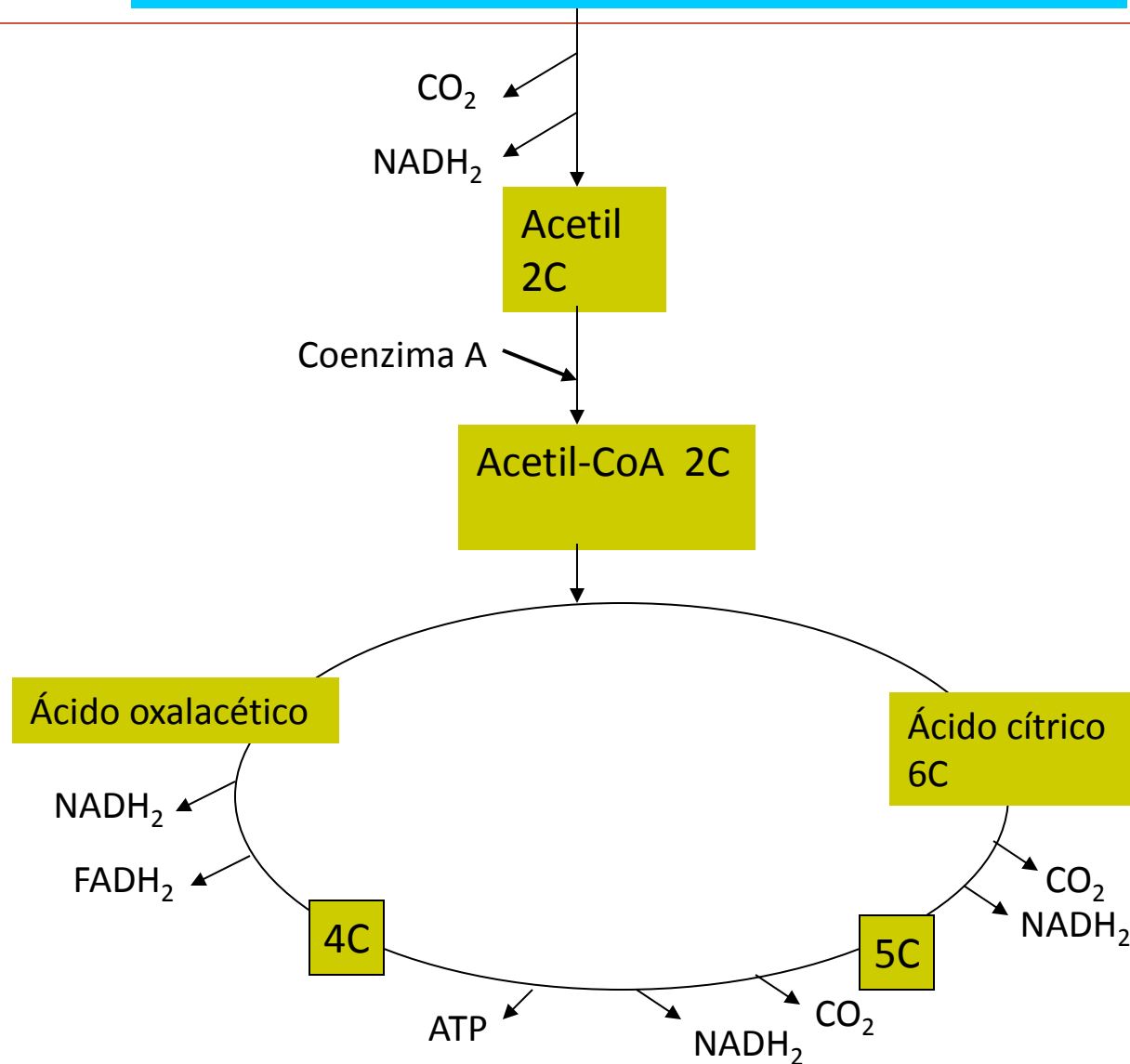


*\* 2 ATPs ativam o processo*

*\* A glicose sofre uma cascata de reações, reduzindo-se a 2trioses (ácidos pirúvicos)*

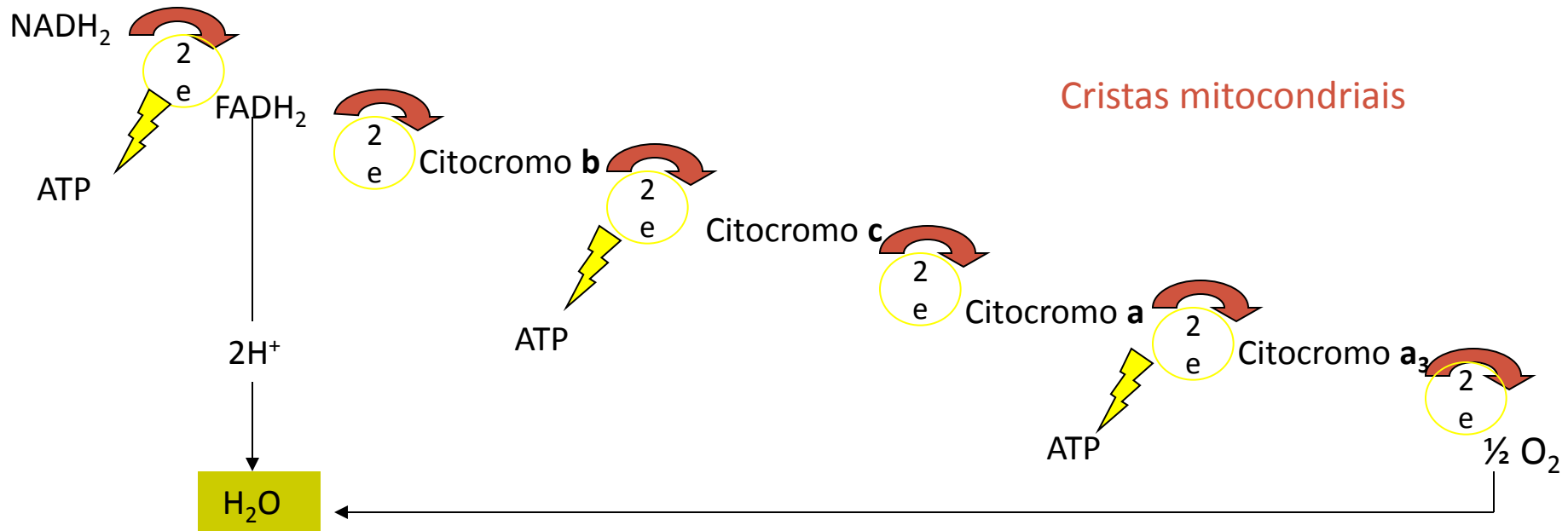
*\* Formam-se 4 ATPs, logo o saldo energético é de 2 ATPs*

# Ácido pirúvico



Matriz  
mitocondrial

# Cadeia Respiratória



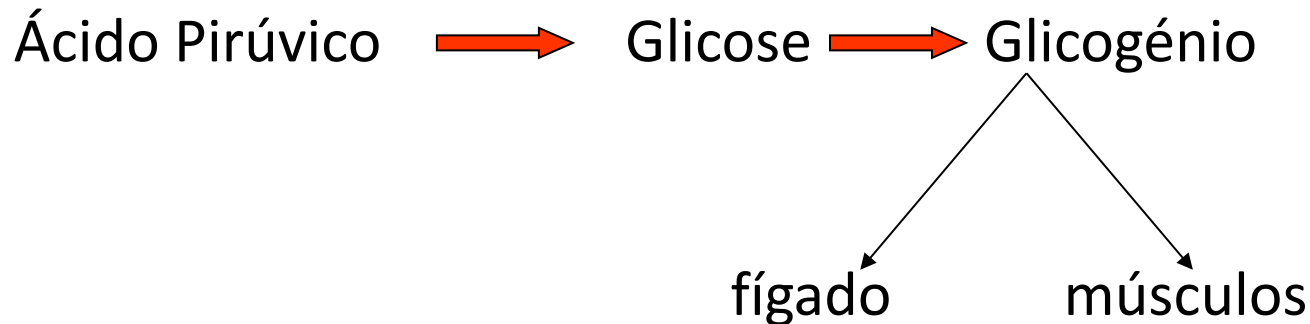
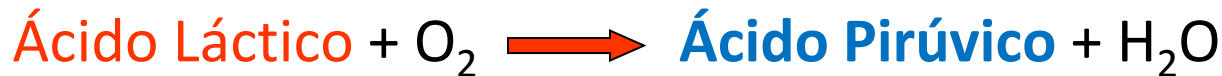
*Os hidrogênios removidos do substrato pelo NAD/FAD reagem com o oxigênio proveniente do meio, formando água e liberando energia que será utilizada para refazer os ATPs.*

# Oxidação/Redução – Bioquímica da Energia

- ☛ Quando uma molécula **aceita** um electrão de um dador, diz-se que esta molécula se **reduziu**, enquanto a molécula que **doa**, sofre um processo chamado **oxidação**.
- ☛ Sempre que uma molécula se reduz, uma outra simultaneamente sofre oxidação.
- ☛ A molécula que sofreu **redução** é chamada de agente **oxidante** e a que se **oxidou** é denominada agente **reductor**.
- ☛ O termo “oxidação” não implica a participação do oxigénio no processo. Este termo deriva do facto do oxigénio apresentar uma tendência a receber electrões.
- ☛ Portanto, o **oxigénio** é agente **oxidante** da **cadeia de transporte de electrões**
- ☛ As moléculas NAD e FAD actuam como agentes oxidantes fundamentais na bioenergética



Após a realização de um esforço intenso, parte do ácido láctico formado no músculo é transportado para o fígado, onde através do processo de gluconeogénese, será convertido em glicose, e novamente disponibilizado como substrato energético para a musculatura esquelética (**Ciclo de Cori**).



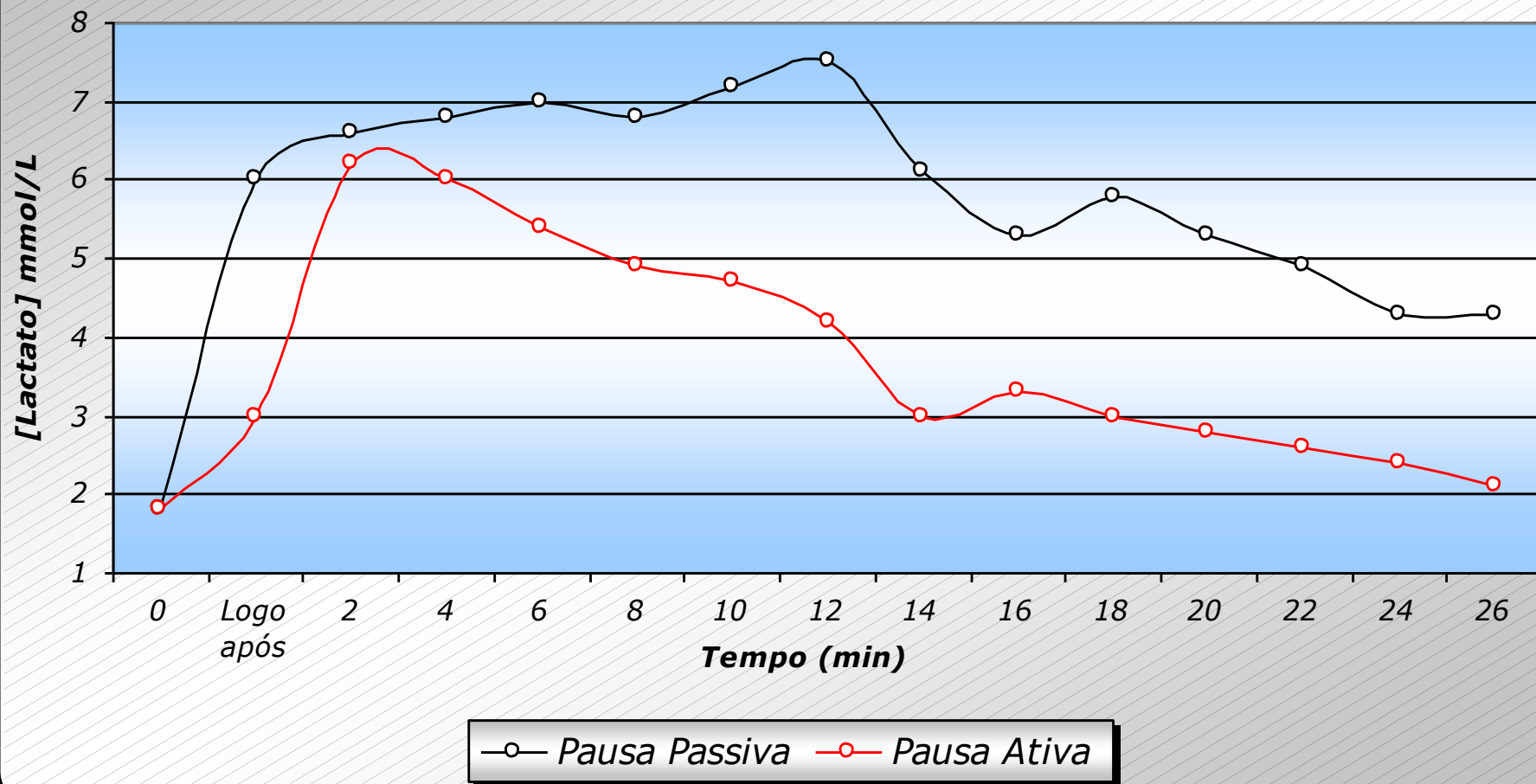
Glicogénio  $\longrightarrow$  Glicose  $\longrightarrow$  (Glicogenólise)  $\longrightarrow$  Fosforilase

Glicose  $\longrightarrow$  Glicogénio  $\longrightarrow$  (Glicogénese)  $\longrightarrow$  Glicogénio-sintetase

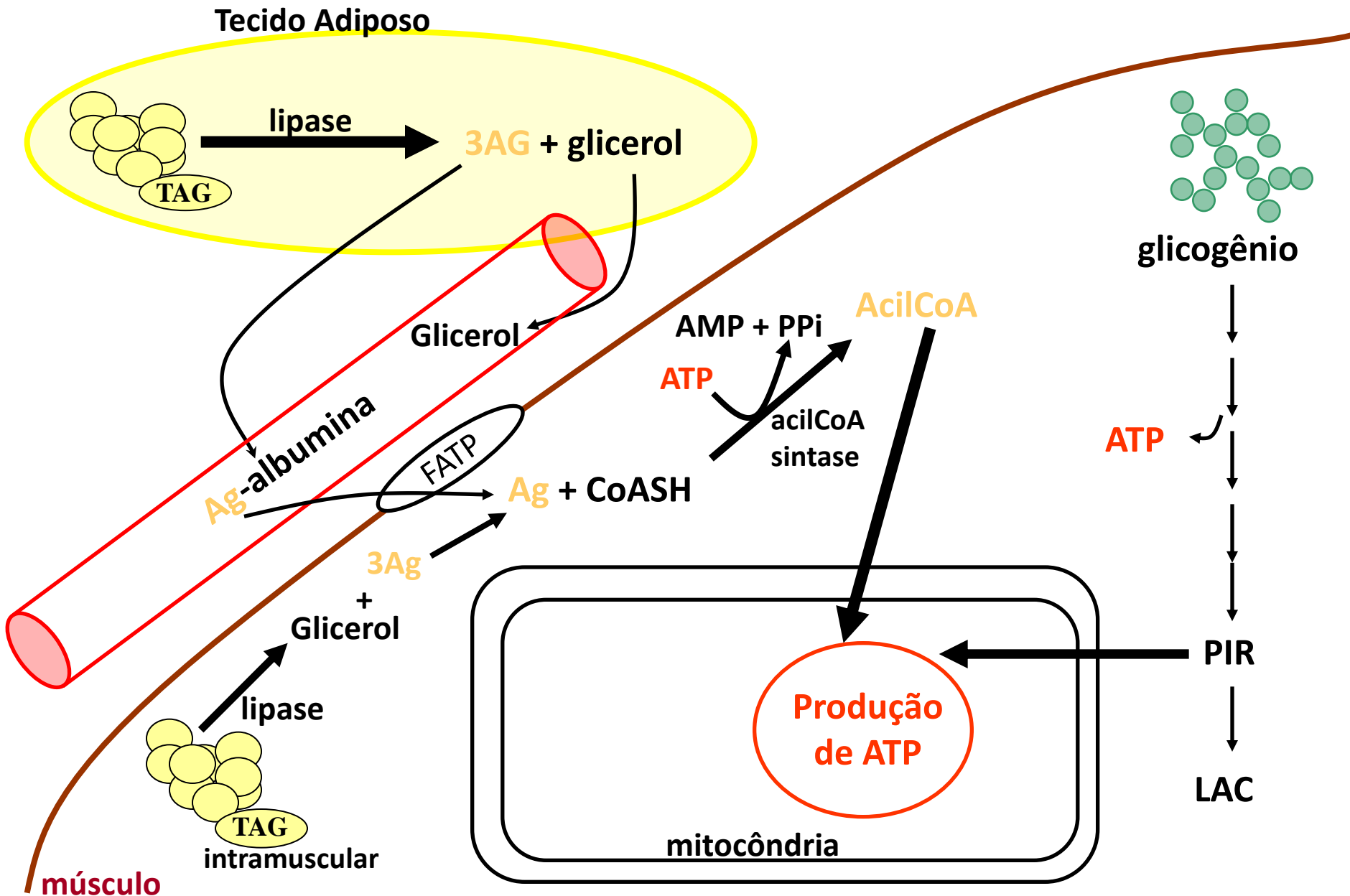


# Qual o destino do lactato ao final do exercício?

## Remoção do Lactato



# Exercício Aeróbico – Sistema Oxidativo

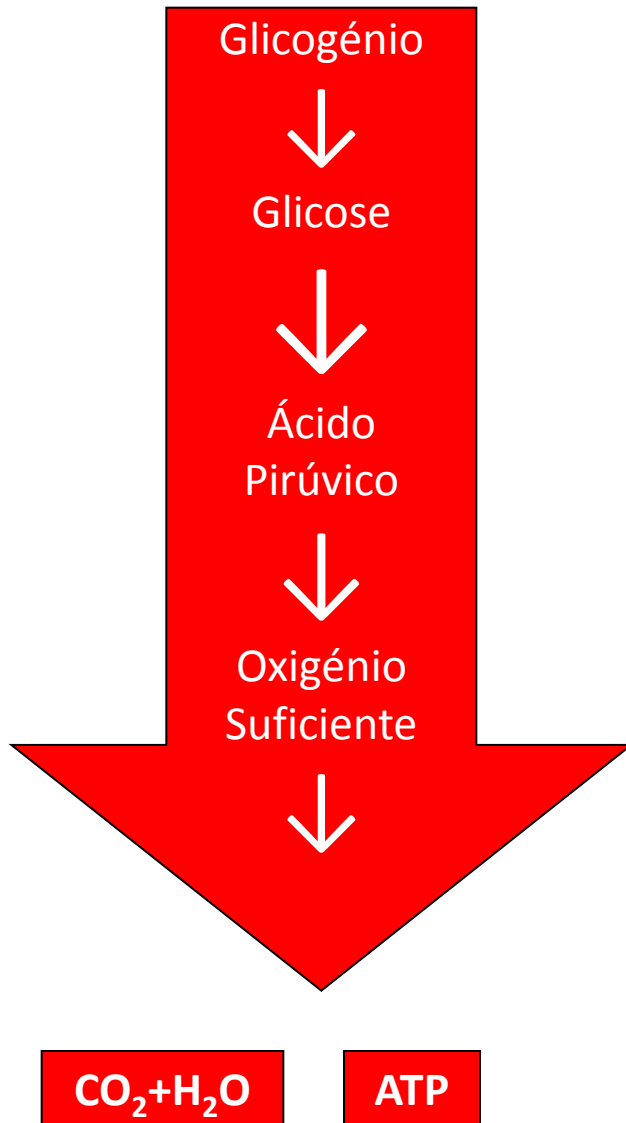


C) Sistema Aeróbio ou Sistema oxidativo → Constitui a terceira via de transferência energética, sendo necessária a presença de oxigénio. As reacções químicas deste sistema ocorrem na mitocondria celular, sendo capazes de produzir 39 moles de ATP.

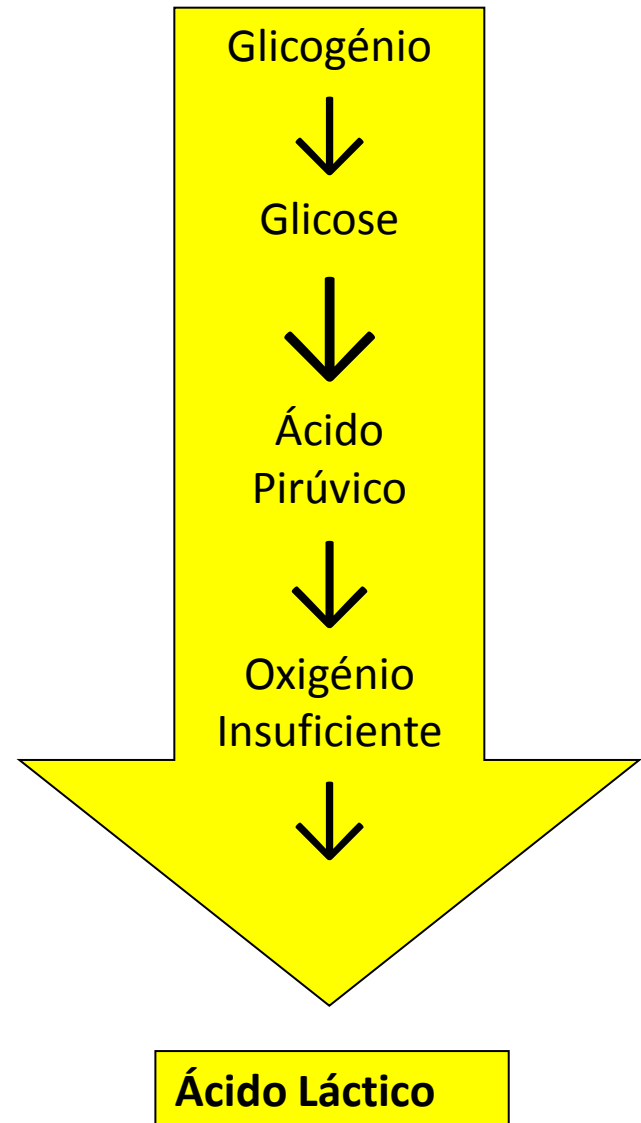
O sistema aeróbio é formado por diversas reacções químicas que podem ser agrupadas da seguinte forma:

- ▶ Oxidação Beta – Reacções que oxidam os ácidos gordos em acetil-CoA para serem utilizados como substrato energético.
- ▶ Ciclo de Krebs – Sistema de reacções que recebe os substractos da oxidação das gorduras (acetil-CoA), da glicólise (ác.pirúvico) e da degradação das proteínas (aminoácidos) e os oxida.
- ▶ Transporte de Eléctrons – Conjunto de reacções responsáveis pela formação de ATP e H<sub>2</sub>O na cadeia respiratória.

## Exercício Aeróbico



## Exercício Anaeróbico



# Produção aeróbia de ATP a partir da molécula de glicose

ETAPA	PRODUTO	CAD.RESPIRATÓRIA	RENDIMENTO
	2 ATP(consumo)	→	- 2ATP
GLICÓLISE	4 ATP(produção)	→	+ 4ATP
	2NADH <sub>2</sub> (1)	→	+ 6ATP
		TOTAL	8 ATP
ATIVACÃO/PIRUVATO	1 NADH <sub>2</sub>	→	3ATP
	3 NADH <sub>2</sub>	9ATP	9ATP
CICLO DE KREBS	1 FADH <sub>2</sub>	2ATP	2ATP
	1 ATP	→	1ATP
		TOTAL	15ATP
PROCESSO AERÓBIO			8 + 15(2) = 38ATP

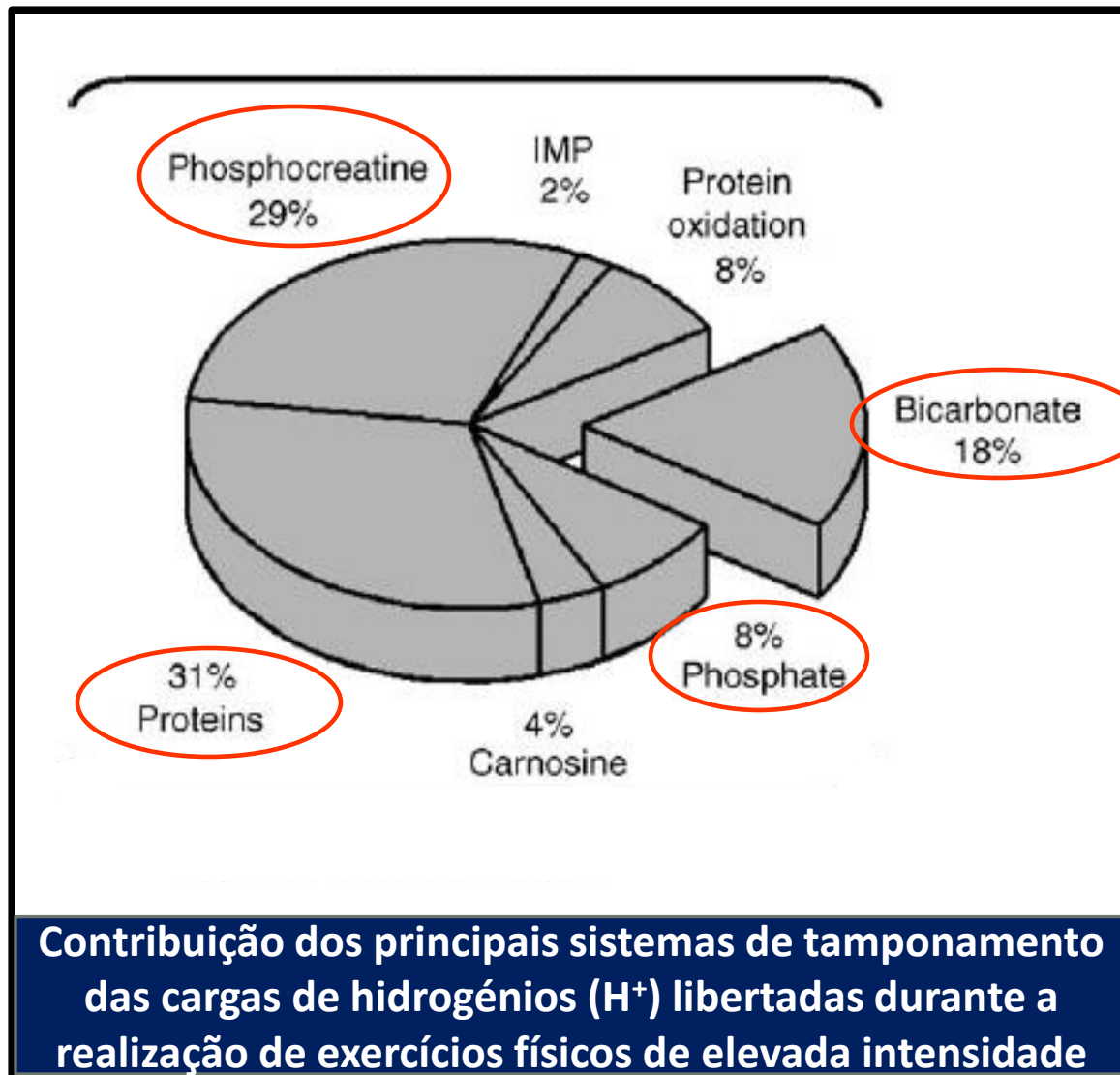
Em resumo, a respiração pode ser entendida da seguinte forma:

“ A função fisiológica do oxigénio ( $O_2$ ) no organismo é actuar como aceitador final dos electrões ( $2e^-$ ), que através da junção com os protões de hidrogénios ( $2H^+$ ), formará uma molécula de água ( $H_2O$ )”. Assim, a cadeia de transporte de electrões pode ser denominada de **Cadeia Respiratória.**”

Portanto, no seu sentido restrito, a respiração consiste num processo celular e não pulmonar, dado que através deste último, ocorre principalmente a ventilação e difusão dos gases, possibilitando a entrada do  $O_2$  na circulação sanguínea, e posteriormente nas demais células.

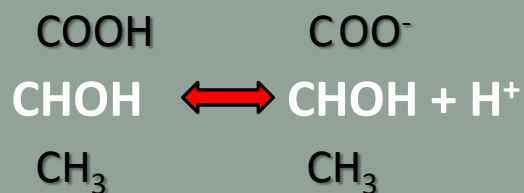
☛ “ Quanto mais intenso for o exercício, maior será o número de electrões transportados, significando maior consumo de  $O_2$  nas mitocôndrias”.

# BIOENERGÉTICA-SISTEMAS DE TAMPONAMENTO



# Compreendendo o **ácido láctico** ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) e o sistema de **bicarbonato** ( $\text{HCO}_3^-$ )

- O sistema tampão bicarbonato de sódio é responsável pela homeostase do pH, removendo os prótons de hidrogénio  $[\text{H}^+]$  produzidos durante o processo da glicólise anaeróbia. Estes prótons são eliminados sob a forma de água  $\text{H}_2\text{O}$ , enquanto o  $\text{CO}_2$  desenvolvido é expirado através do aumento da ventilação nos pulmões.
- Após um exercício intenso, o ácido láctico produzido dissocia-se em **lactato** ( $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ ) e num **próton de hidrogénio**  $[\text{H}^+]$ . Relativamente ao próton, é removido pelo sistema bicarbonato, que ao reagir com o hidrogénio, produz **ácido carbónico** ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), o qual será posteriormente dissociado em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .



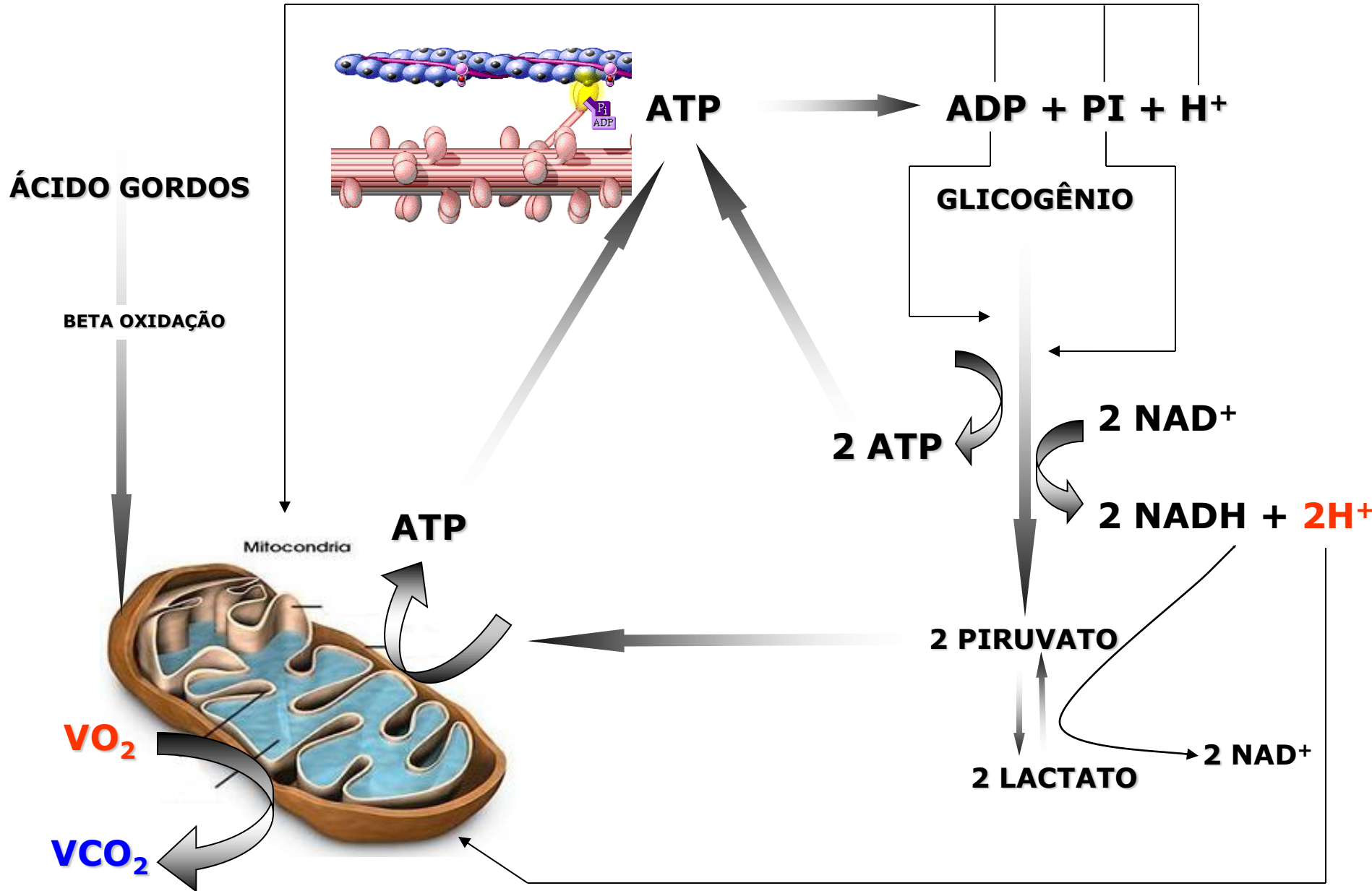
Ácido láctico                      lactato + próton



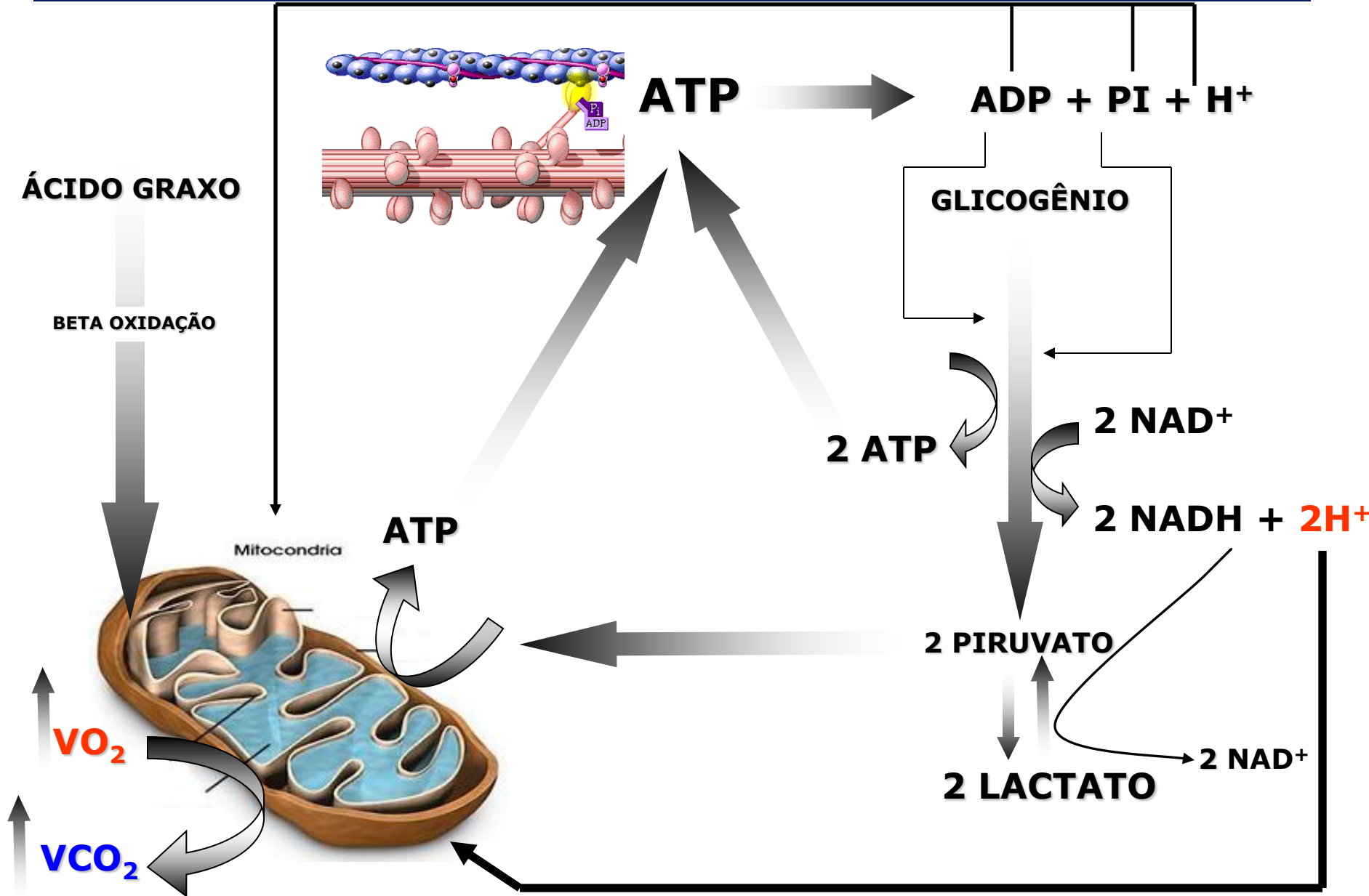
dióxido+ água                      ácido carb.                      Bicarb + próton



# BIOENERGÉTICA NO REPOUSO...



# BIOENERGÉTICA NO EXERCÍCIO...



# AUMENTANDO A INTENSIDADE...

