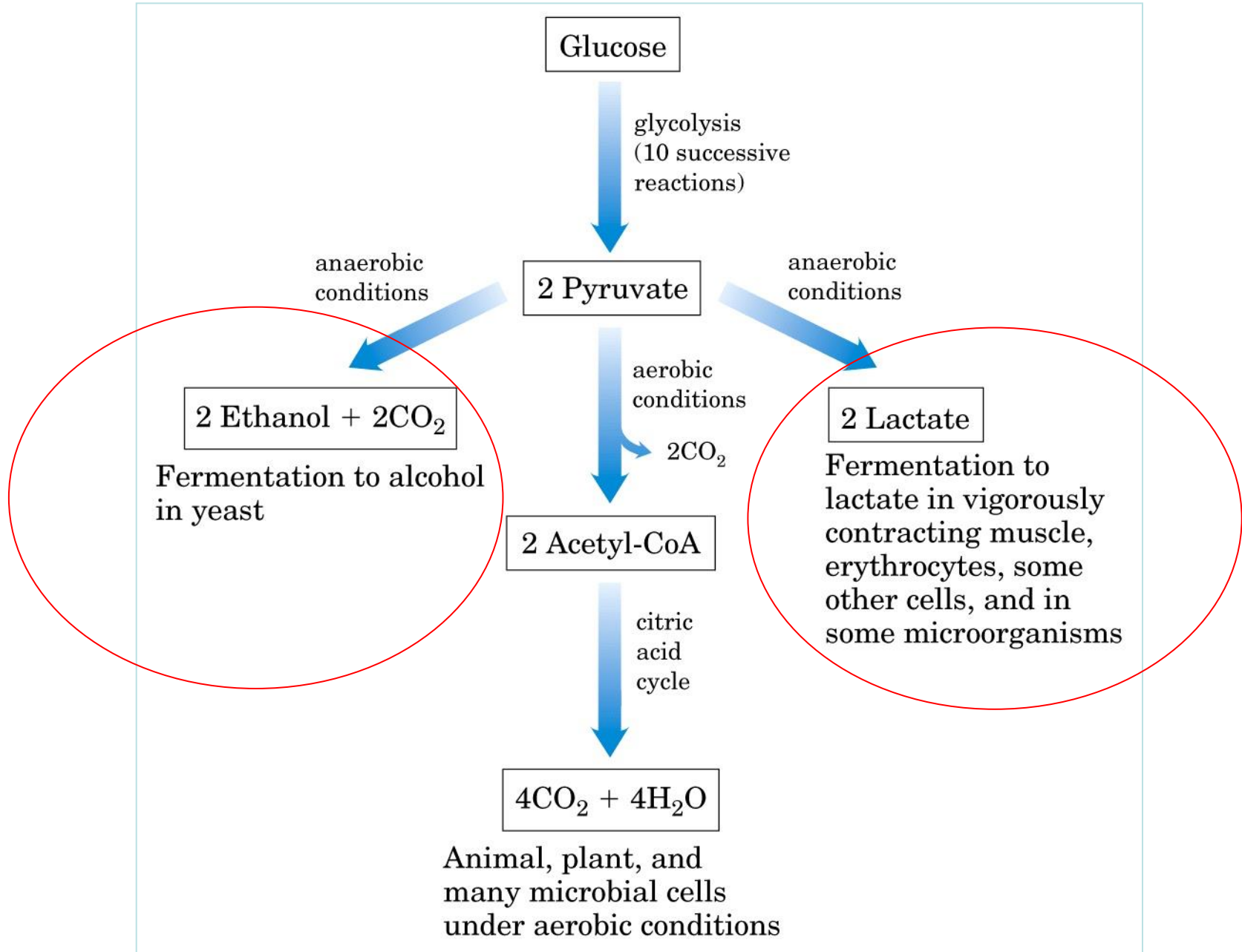


# Fermentação

Prof. Nubia B. Eloy

# Destinos do Piruvato sem a presença de O<sub>2</sub>



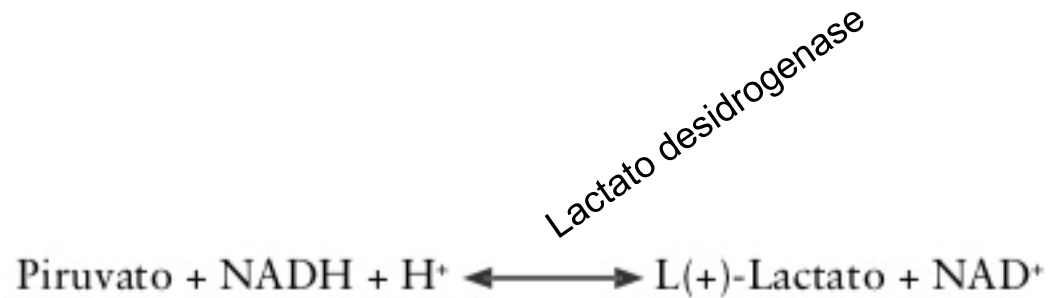
# Fermentação

Os três possíveis caminhos metabólicos do Piruvato são a fermentação láctica, a fermentação alcoólica e a respiração celular.

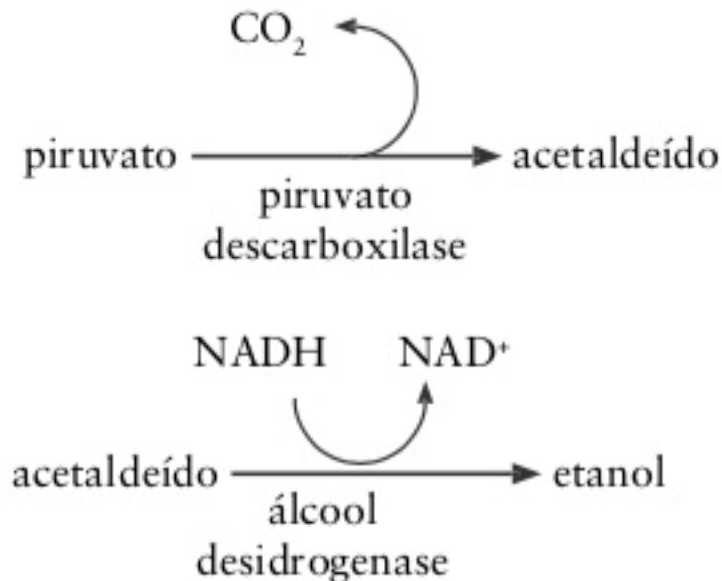
- Na fermentação, a quebra da glicose termina na glicólise. Não havendo  $O_2$  ou não sendo possível utilizá-lo, outra molécula terá de receber os átomos de hidrogênio.
- O piruvato vai seguir um destino ou outro dependendo do conjunto de enzimas que apresente o organismo ou a célula. Logo, o produto final pode ser: álcool etílico, ácido acético, ácido láctico ou ácido butírico.

Quando em **condições anaeróbicas**, o piruvato é reduzido pelo NADH, formando lactato (na fermentação láctica) ou etanol e CO<sub>2</sub> (na fermentação alcoólica).

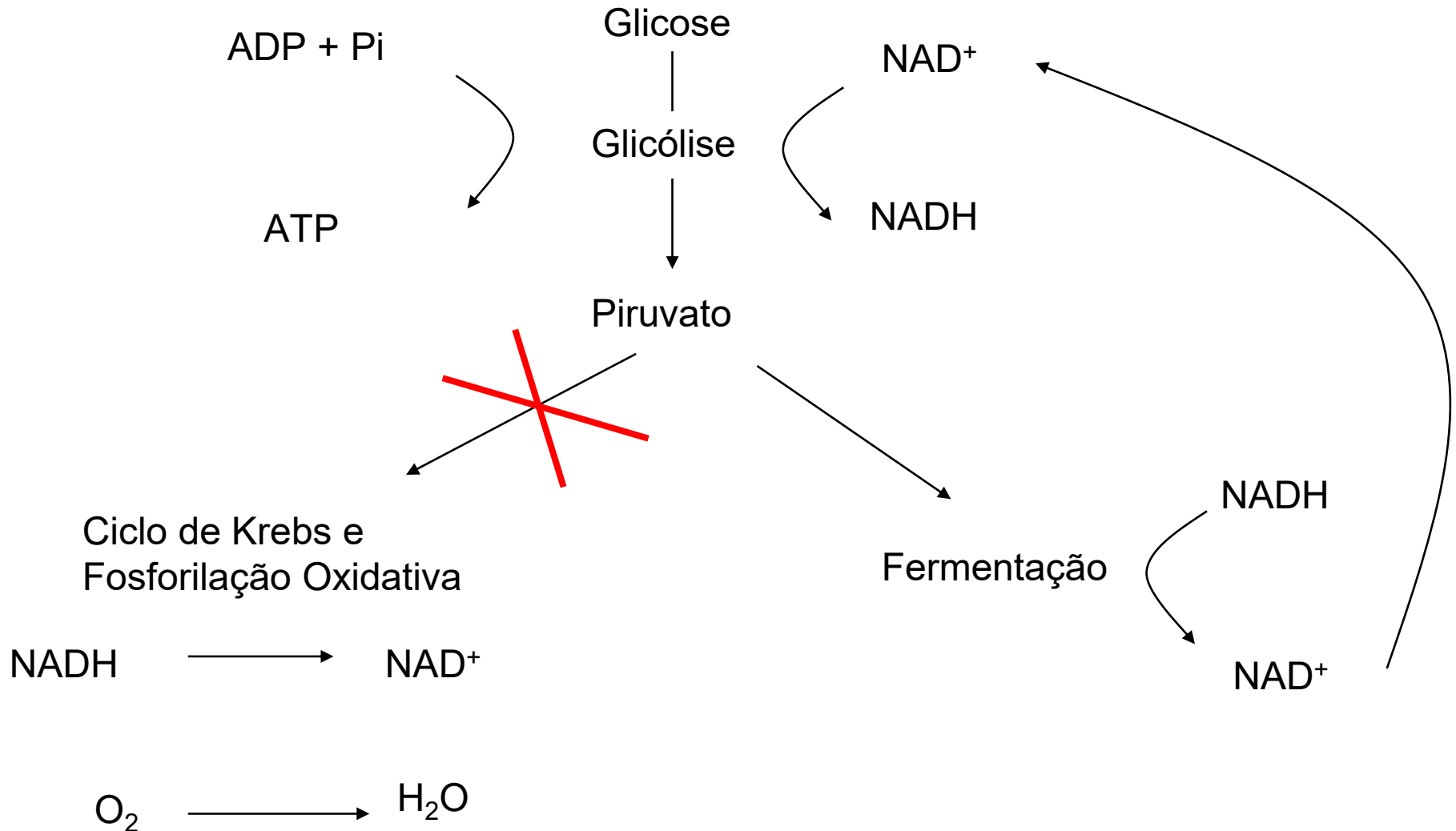
**Fermentação láctica**



**Fermentação alcoólica**

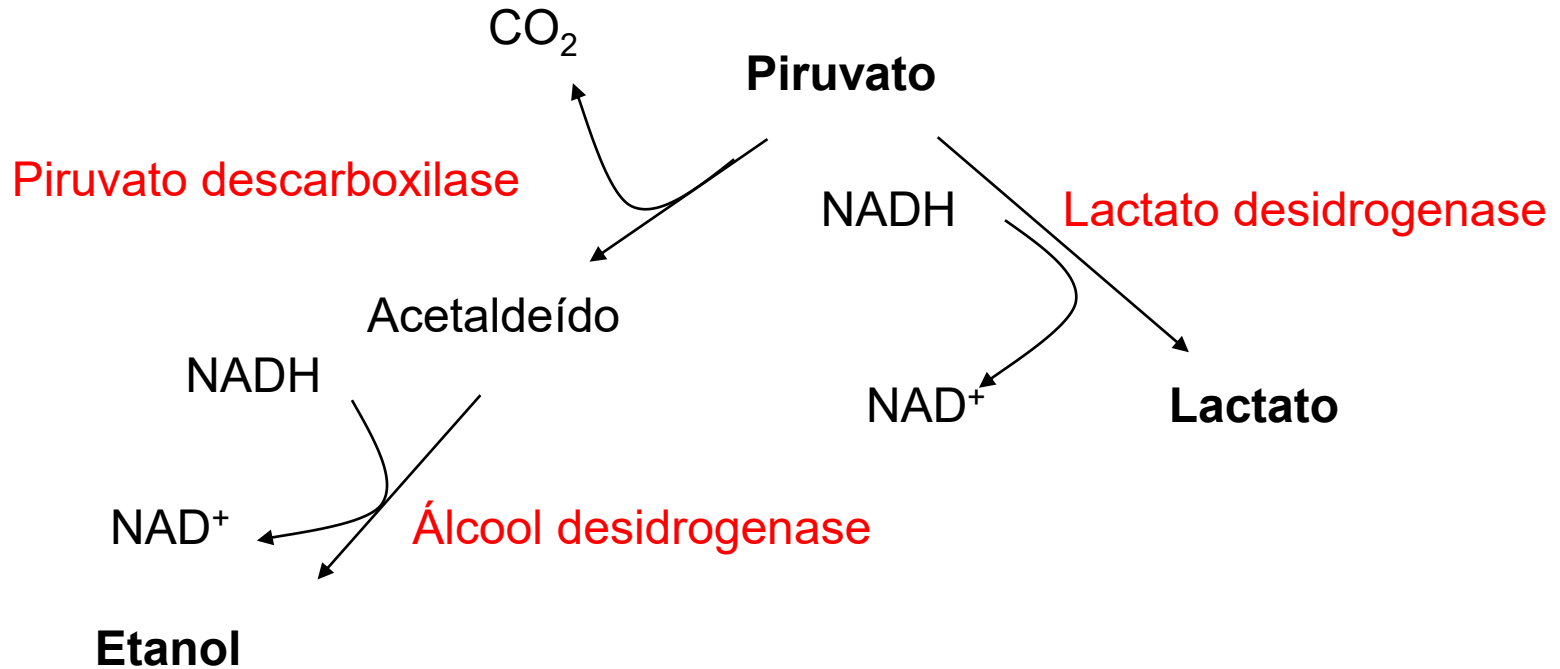


# Anaerobiose - Fermentação



**Na ausência de O<sub>2</sub>, a fermentação regenera o NAD<sup>+</sup> para a glicólise**

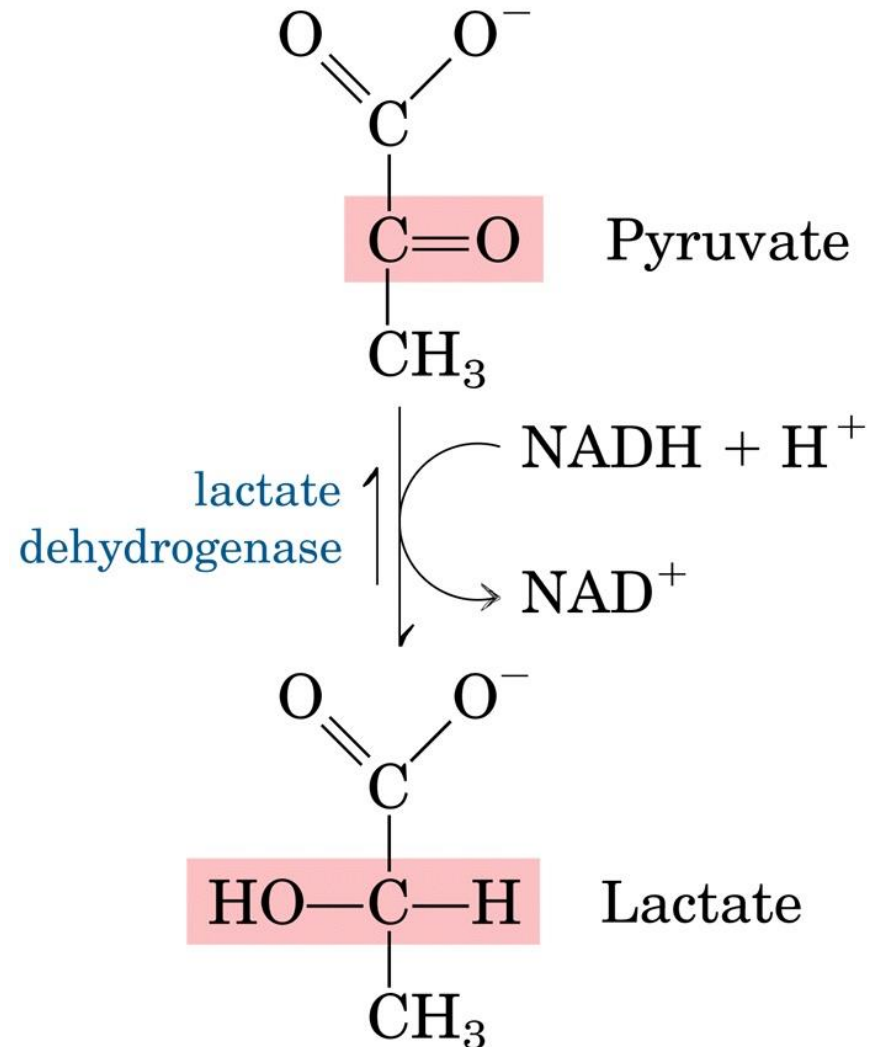
# Fermentação



# Fermentação láctica

A fermentação láctica é o processo de obtenção de energia que ocorre em algumas bactérias anaeróbicas. Este processo ocorre também em células do nosso corpo.

- As hemácias, por exemplo, usam apenas a fermentação láctica como via de obtenção de energia. Nossos músculos, quando em atividade intensa, também fazem fermentação láctica.

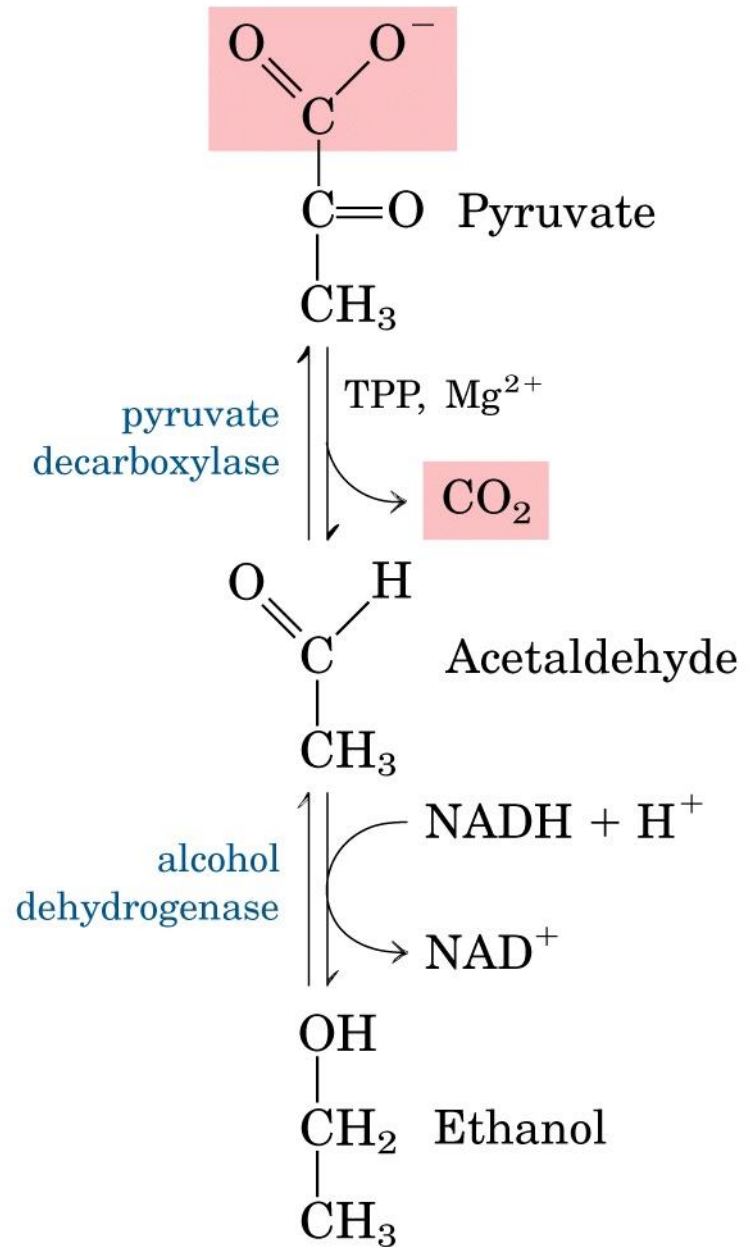


$$\Delta G'^{\circ} = -25.1 \text{ kJ/mol}$$

# Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica é a via de obtenção de energia encontrada em leveduras, organismos unicelulares e eucariontes. Várias espécies de leveduras são organismos anaeróbicos facultativos, ou seja, podem viver na presença ou ausência de oxigênio

**Na fermentação alcoólica, a glicose será degradada formando duas moléculas de etanol (álcool etílico)**





# Fermentação Láctica

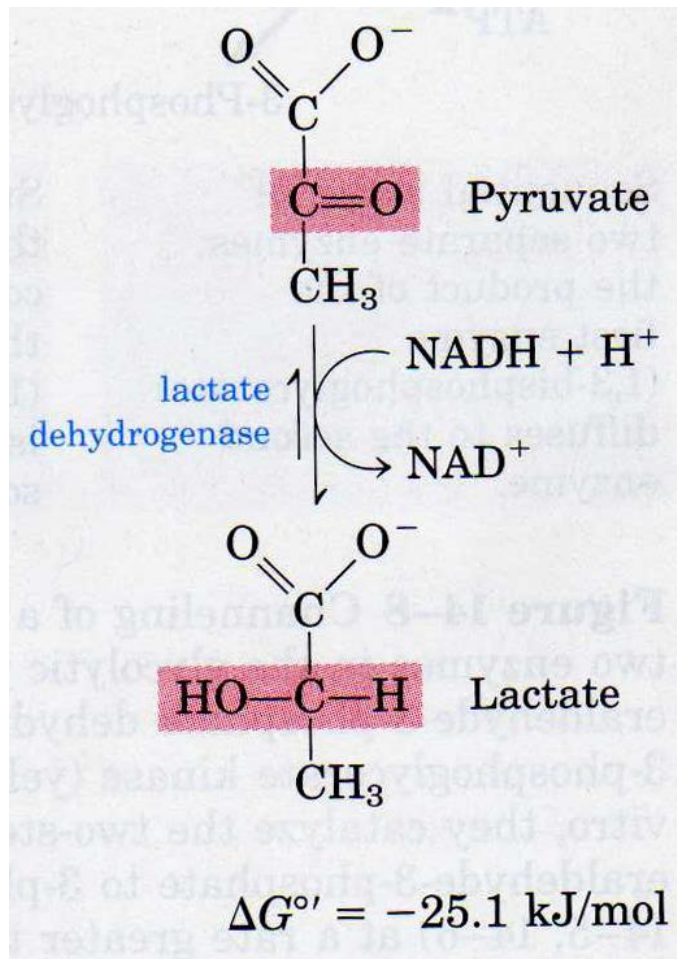


lactato desidrogenase  
([www.csrri.iit.edu](http://www.csrri.iit.edu))

Reação de 1 passo catalisada pela lactato desidrogenase



- ✓ alternativa reduzir piruvato a lactato
- ✓ sem ganho / perda de energia
- ✓ 1 molécula de glicose consumida produz 2 moléculas de ATP (glicólise)



Dois hidretos se ligam ao piruvato para formar lactato.

E de onde vêm os hidretos? Do NADH que se originou na glicólise. Isto quer dizer que o NADH reduzido na glicólise é reoxidado nesta etapa da fermentação láctica, devolvendo os íons hidreto para o piruvato formando lactato.

**ATENÇÃO: A fermentação inclui a glicólise. Portanto, a fermentação tem o saldo de 2 ATP sintetizados por molécula de glicose quebrada. Não esqueça também que, na glicólise, uma molécula de glicose é quebrada em duas moléculas de piruvato e, portanto, duas moléculas de lactato são produzidas na fermentação láctica.**

# Fermentação Láctica

## Ocorrência

- ✓ vertebrados (eritrócitos, medula renal, músculos em contração rápida, retina, cérebro)
- ✓ plantas (agrião, tubérculos de batata)
- ✓ microrganismos (Lactobacilos, Streptococos)



celacanto

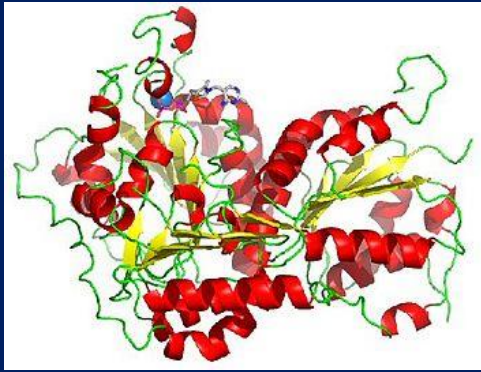


crocodilo

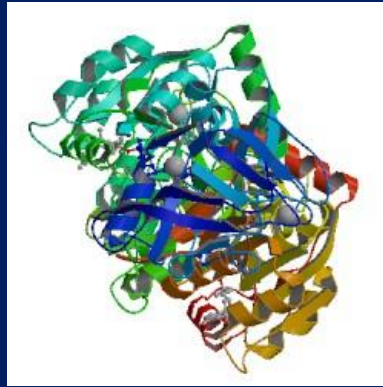


Músculo

# Fermentação Alcóolica



Piruvato descarboxilase



Álcool desidrogenase



Fermentação alcoólica

piruvato → etanol

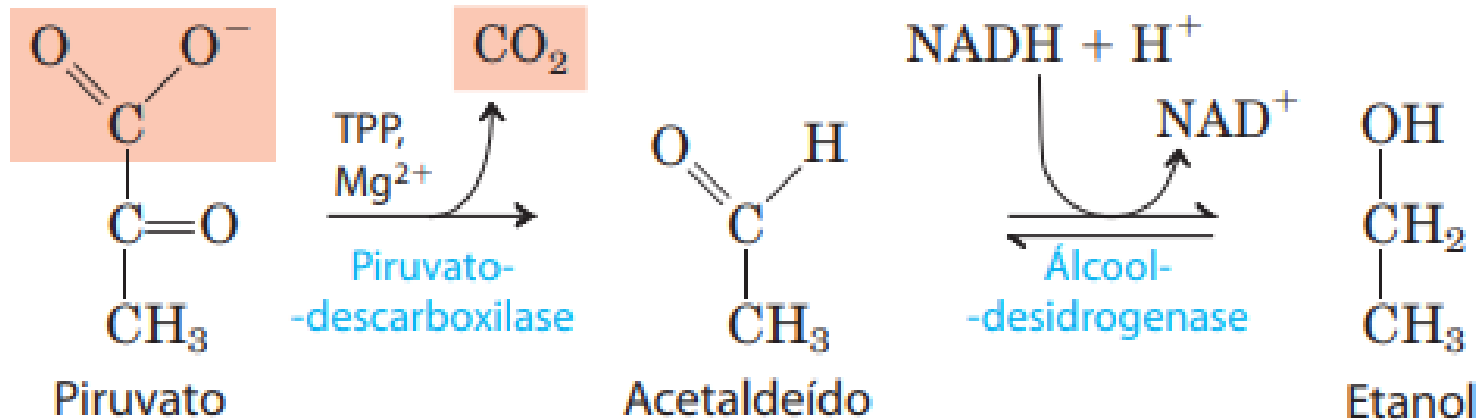
Reação de 2 passos, catalisada pelas enzimas piruvato descarboxilase e álcool desidrogenase

↓  $O_2$  para oxidar  $NADH \rightarrow NAD^+$

- ✓ alternativa reduzir piruvato a etanol
- ✓ sem ganho / perda de energia
- ✓ 1 molécula de glicose consumida produz 2 moléculas de ATP (glicólise), e 2  $CO_2$

Dois hidretos se ligam ao piruvato para formar etanol.

E de onde vêm os hidretos? Do NADH que se originou na glicólise. Isto quer dizer que o NADH reduzido na glicólise é reoxidado nesta etapa da fermentação alcoólica, devolvendo os íons hidreto para o piruvato formando etanol.



**ATENÇÃO:** a fermentação inclui a glicólise. Portanto, a fermentação tem o saldo de 2 ATP sintetizados por molécula de glicose quebrada. Não esqueça também que, na glicólise, uma molécula de glicose é quebrada em duas moléculas de piruvato e, portanto, duas moléculas de etanol são produzidas na fermentação alcoólica.

**Diferença:** Piruvato molécula com 3 C, etanol molécula com 2C. Onde está o outro C?

Saiu na forma de  $\text{CO}_2$ , no processo de descarboxilação pela piruvato descarboxilase.

# Outras Fermentações



C. Weizmann (1910)

## Fermentação de Amido



- ✓ butanol
- ✓ acetona
- ✓ ácidos fórmico, acético, propiônico, butírico, succínico
- ✓ glicerol
- ✓ isopropanol
- ✓ butanediol



*Clostridium acetobutylicum*

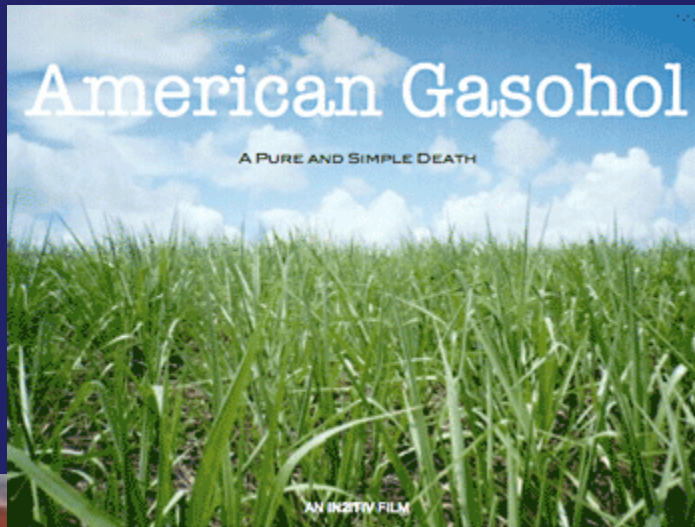




Fermentações Microbianas



Alto valor econômico



# Resumo Geral da Fermentação

**ATENÇÃO:** os produtos da fermentação láctica e alcoólica são duas moléculas de lactato, duas moléculas de ATP e duas de etanol, duas de ATP, e 2 moléculas de CO<sub>2</sub> para cada molécula de glicose quebrada, respectivamente.

**E o NADH? O NADH é reoxidado a NAD<sup>+</sup> nos dois tipos de fermentação**