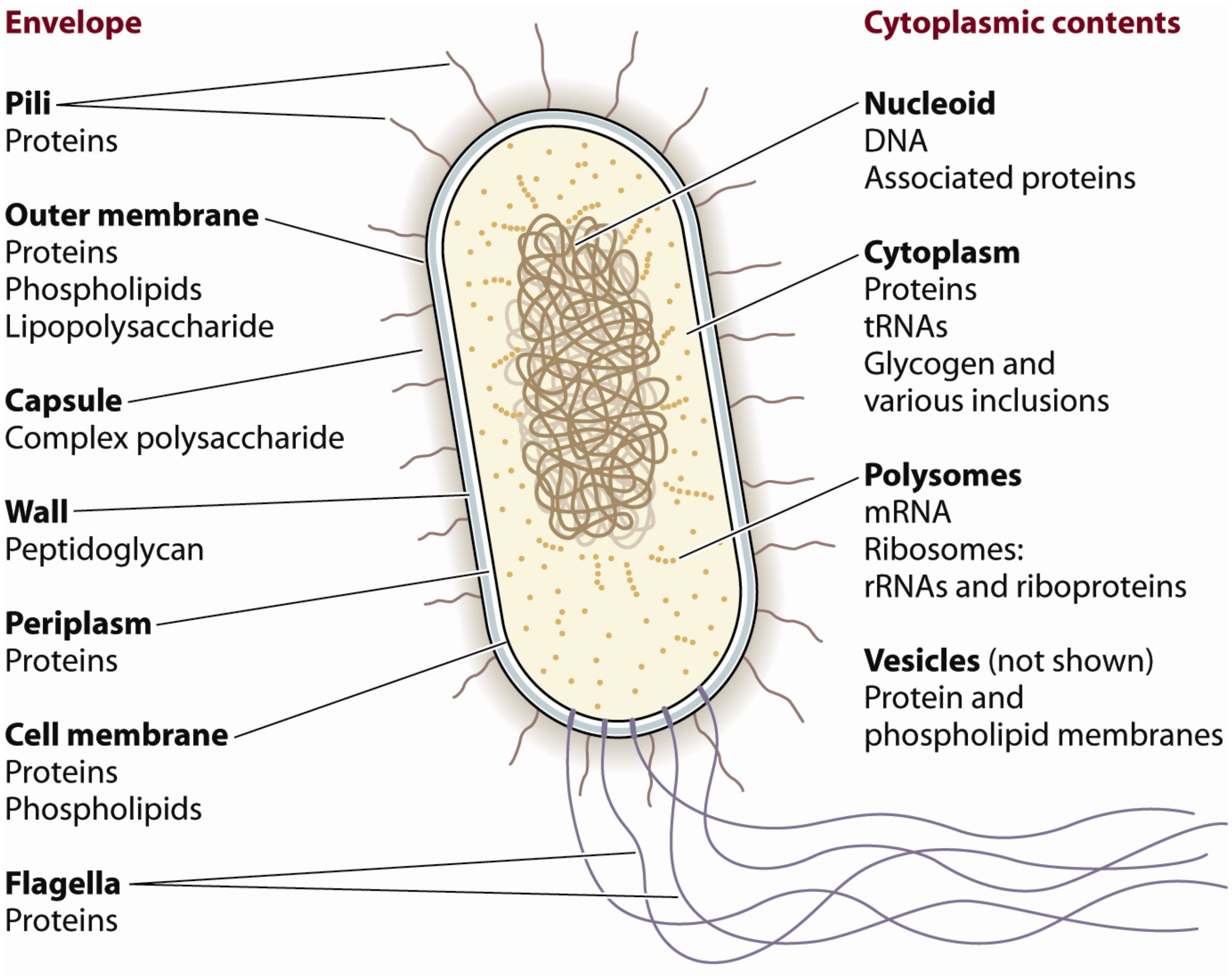
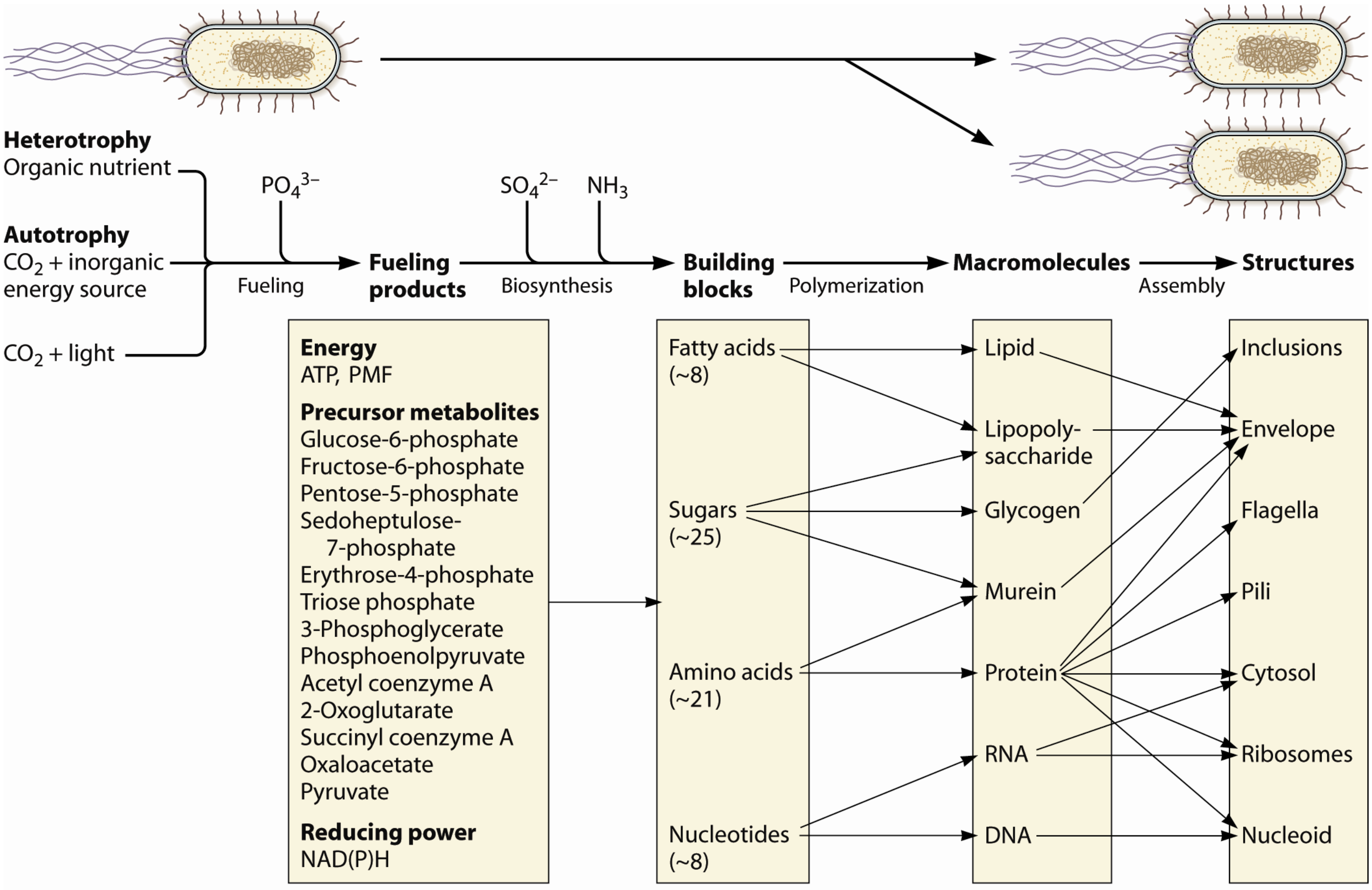
Metabolismo I:

Metabolismo heterotrófico

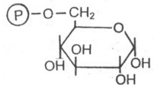
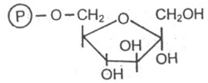
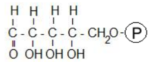
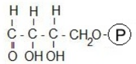
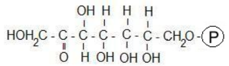
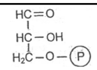
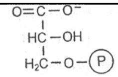
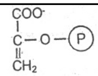
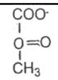
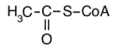
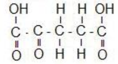
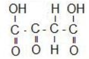
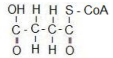
Como fazer uma célula bacteriana?

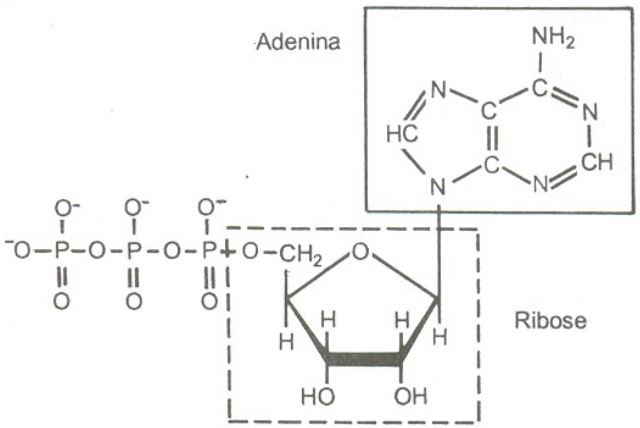


O que é metabolismo?



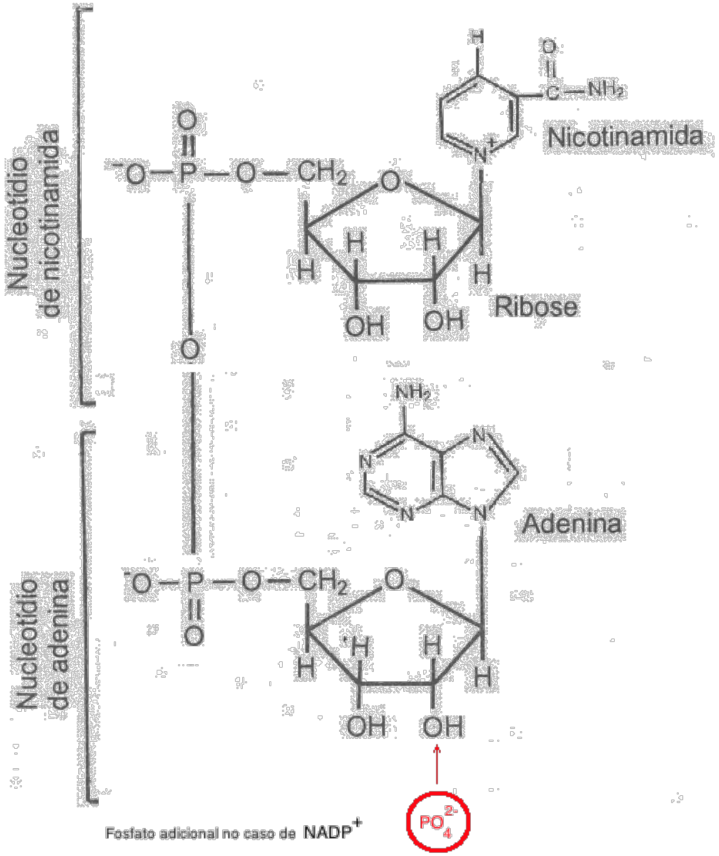
Destino dos precursores

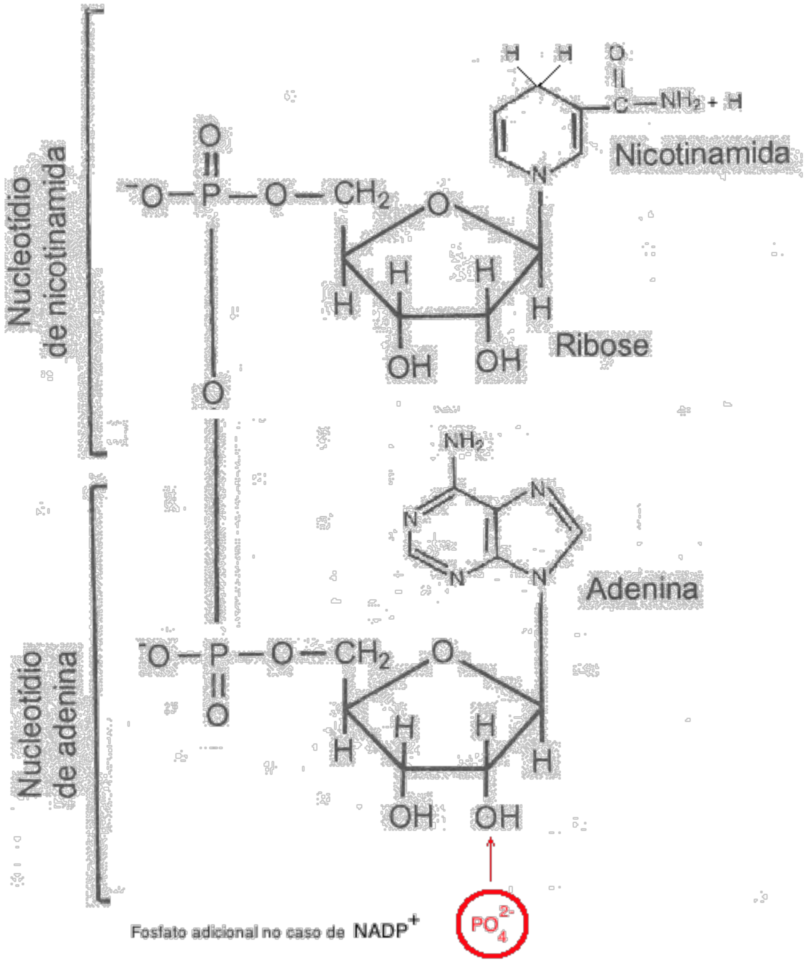
Nome	Estrutura	Precursores de:
1. Glicose-6-fosfato		Polímeros de carboidratos
2. Frutose-6-fosfato		*N*-acetilglicosamina, ácido *N*-acetilmurâmico, mureína
3. Ribose-5-fosfato		Ácidos nucléicos, histidina
4. Eritrose-4-fosfato		Aminoácidos aromáticos
5. Sedoheptulose-7-fosfato		Polímeros de carboidratos/polissacarídeos
6. Triose-fosfato		Precursor de dihidroxiacetona, lipídios
7. 3-fosfoglicerato		Aminoácidos da família da serina
8. Fosfoenolpiruvato		Aminoácidos aromáticos
9. Piruvato		Aminoácidos
10. Acetil-CoA		Lipídios
11. α-cetoglutarato		Aminoácidos da família do glutamato
12. Oxaloacetato		Aminoácidos da família do aspartato
13. Succinil-CoA		Heme



ATP

$NADP^+$


Nucleotídio de nicotinamida
Nicotinamida
Ribose
Nucleotídio de adenina
Adenina
Fosfato adicional no caso de NADP+


Nucleotídio de nicotinamida
Nicotinamida
Ribose
Adenina
Nucleotídio de adenina
Fosfato adicional no caso de NADP+

NADPH

A célula bacteriana deve satisfazer três necessidades básicas:

- Energia
- ATP
- 13 precursores
- Intermediários do metabolismo de Carbono
- Poder redutor
- NADPH

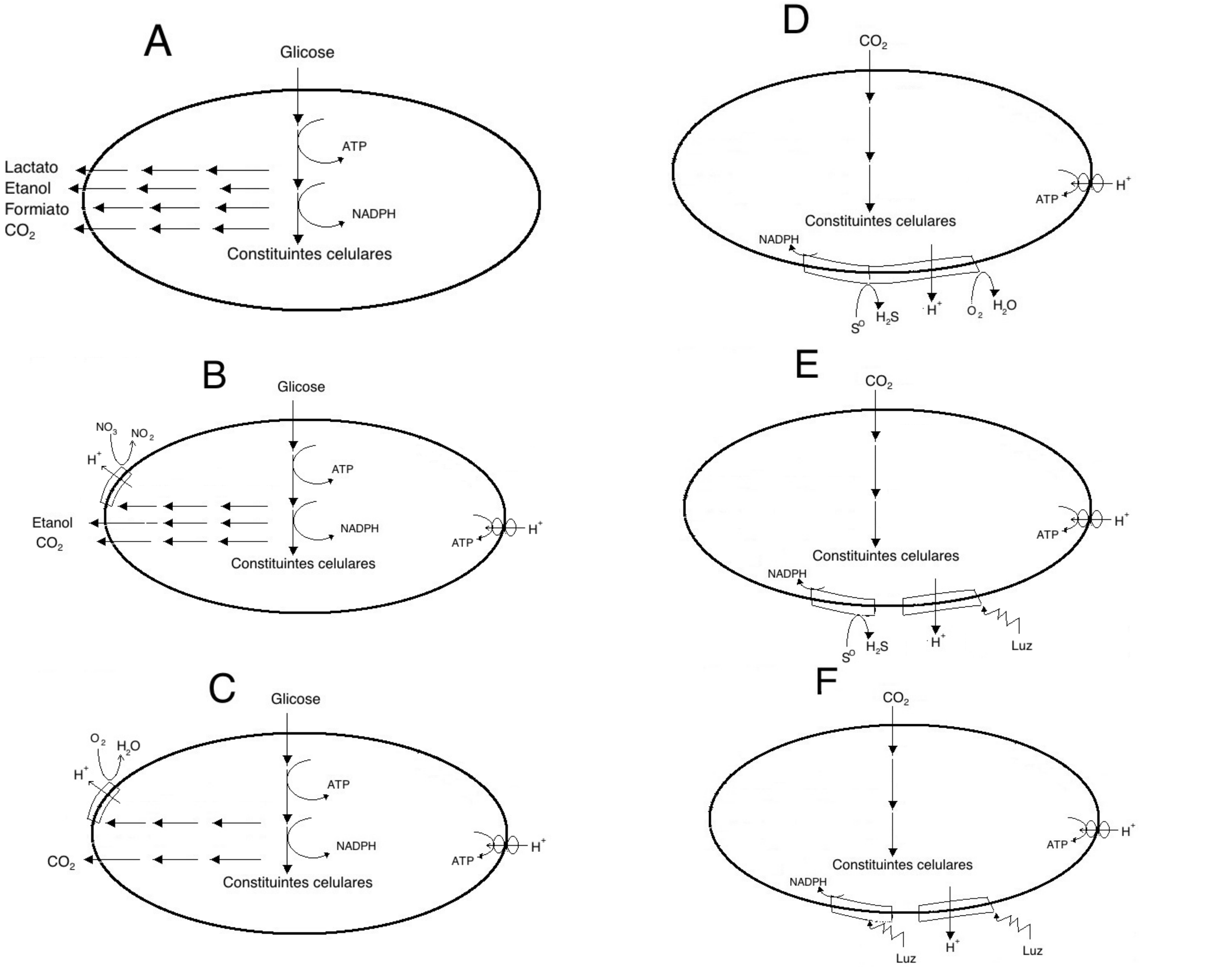
Diferentes estratégias de sobrevivência

- Vias metabólicas
- Processos metabólicos
  - Objetivo: obter ATP, precursores e poder redutor

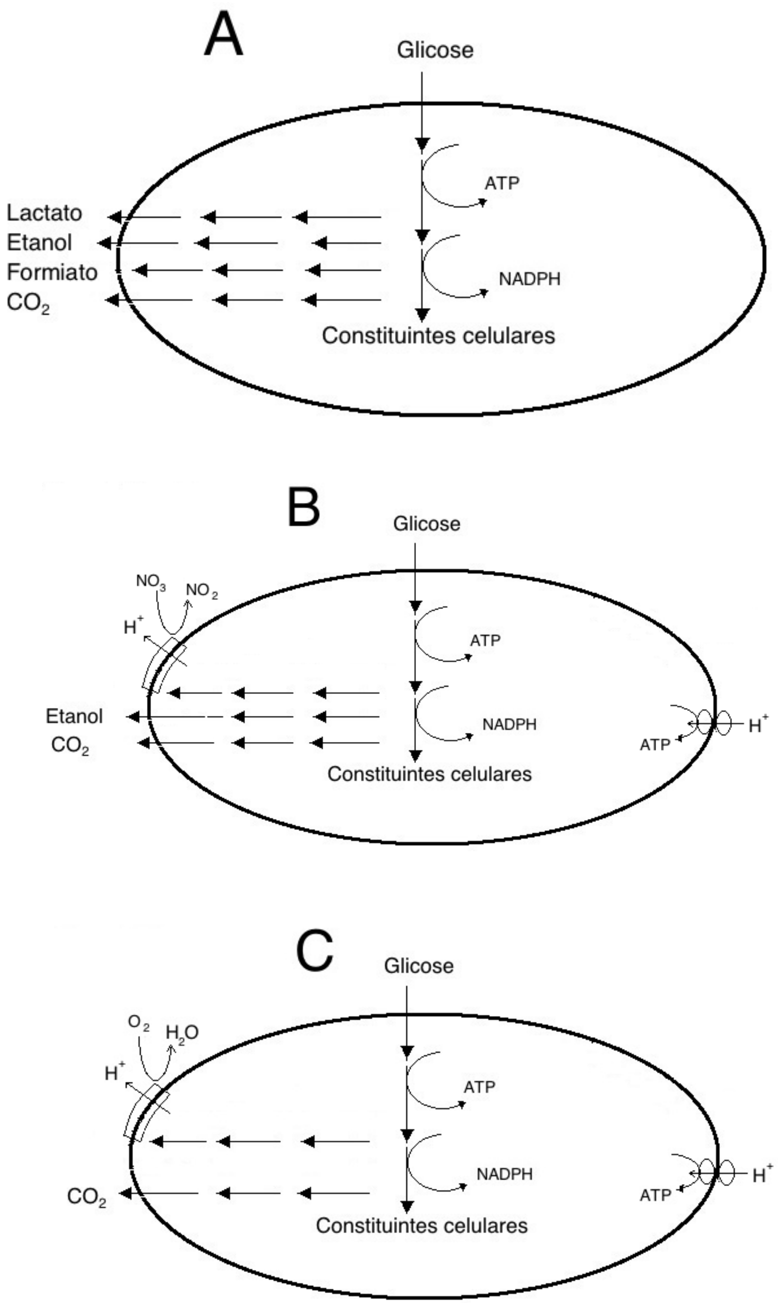
O que é metabolismo?

Heterotróficos

Autotróficos



Heterotróficos



Metabolismo heterotrófico

- Obtenção dos 13 precursores

Glicólise

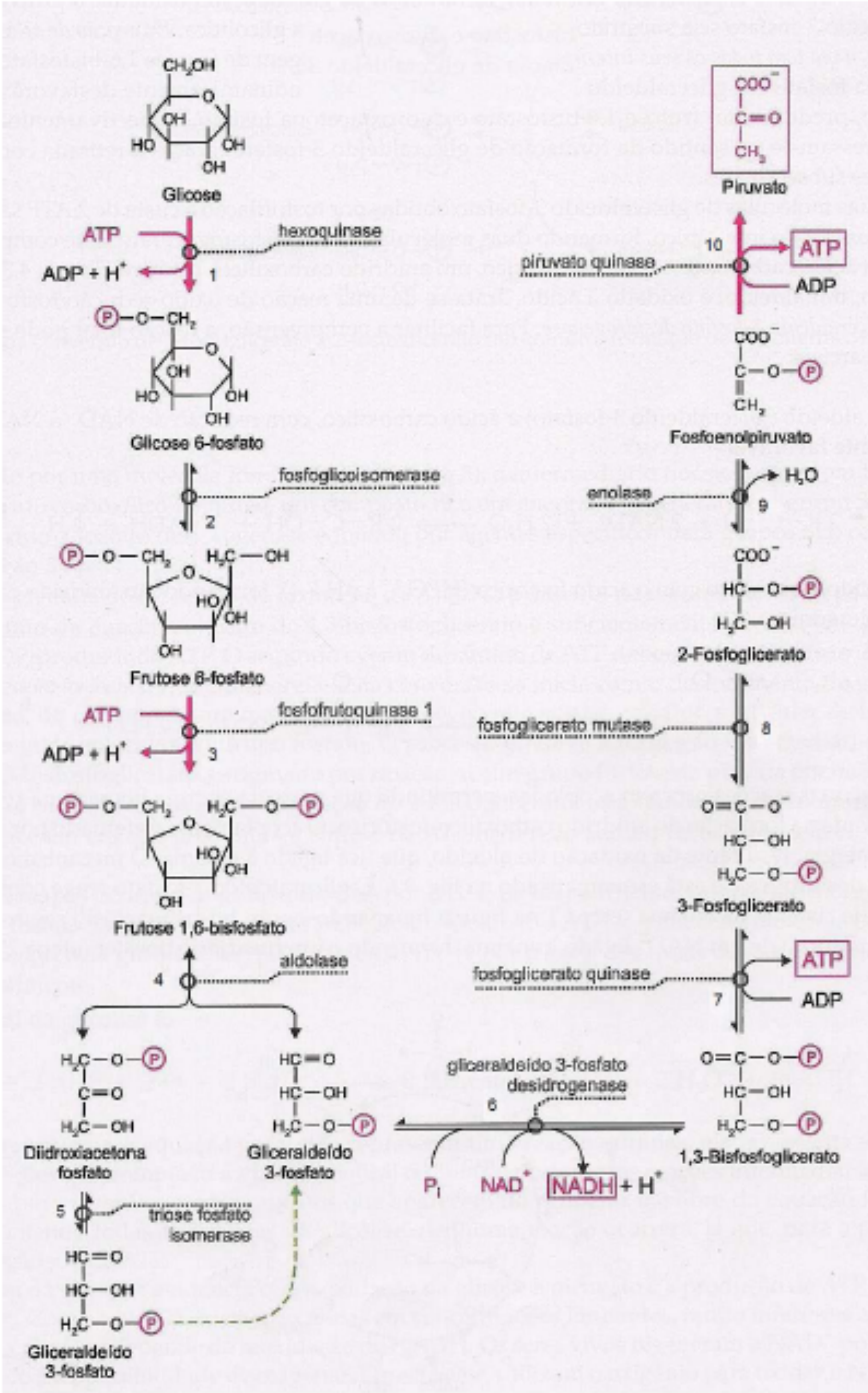
via de Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)

$$C_6H_{12}O_6 + 2\ ADP + 2\ Pi + 2\ NAD^+ \rightarrow 2\ H_3C\text{-}CO\text{-}COO^- + 2\ H_2O + 2\ NADH + 2\ H^+ + 2\ ATP$$

Glicose Piruvato

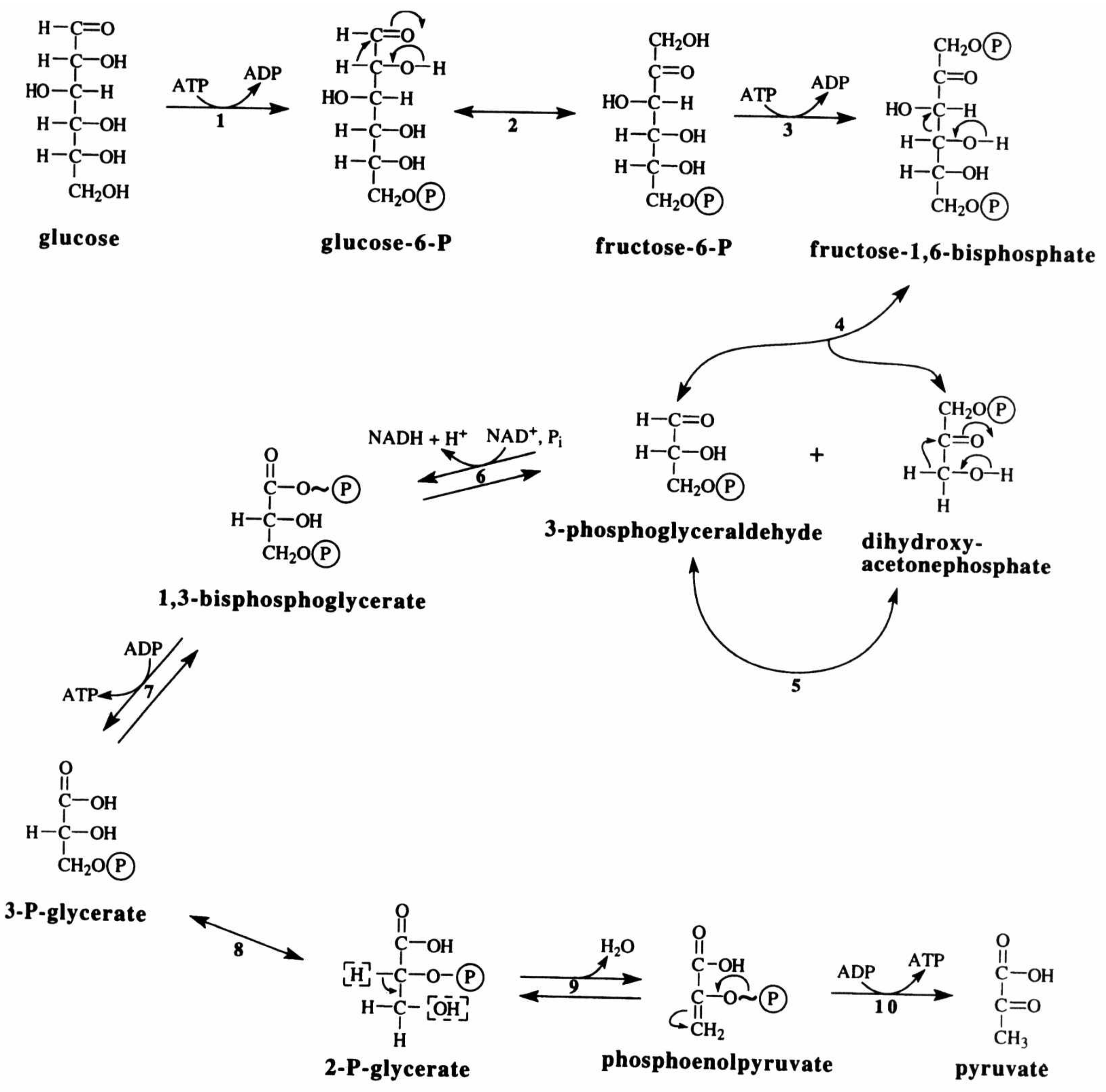
Uma célula bacteriana pode crescer fazendo exclusivamente a EMP?

EMP



ATP
NAD(P)H
Glicose-6-fosfato
Frutose-6-fosfato
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
Eritrose-4-fosfato
Sedoheptulose-7-fosfato
Gliceraldeído-3-fosfato
3-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Piruvato
Acetil-CoA
Oxaloacetato
α-cetoglutarato
Succinil-CoA

EMP



ATP
NAD(P)H
Glicose-6-fosfato
Frutose-6-fosfato
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
Eritrose-4-fosfato
Sedoheptulose-7-fosfato
Gliceraldeído-3-fosfato
3-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Piruvato
Acetil-CoA
Oxaloacetato
α-cetoglutarato
Succinil-CoA

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*			
	EMP			
ATP	X			
NAD(P)H	-			
Glicose-6-fosfato	X			
Frutose-6-fosfato	X			
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-			
Eritrose-4-fosfato	-			
Sedoheptulose-7-fosfato	-			
Gliceraldeído-3-fosfato	X			
3-Fosfoglicerato	X			
Fosfoenolpiruvato	X			
Piruvato	X			
Acetil-CoA	-			
Oxaloacetato	-			
α-cetoglutarato	-			
Succinil-CoA	-			

Via de Entner-Doudoroff

$$C_6H_{12}O_6 + ADP + NADP^+ + NAD^+ + Pi \rightarrow 2\ H_3C\text{-}CO\text{-}COO^- + ATP + NADPH + NADH$$

Glicose Piruvato

Uma célula bacteriana pode crescer fazendo ED?

Via de Entner-Doudoroff

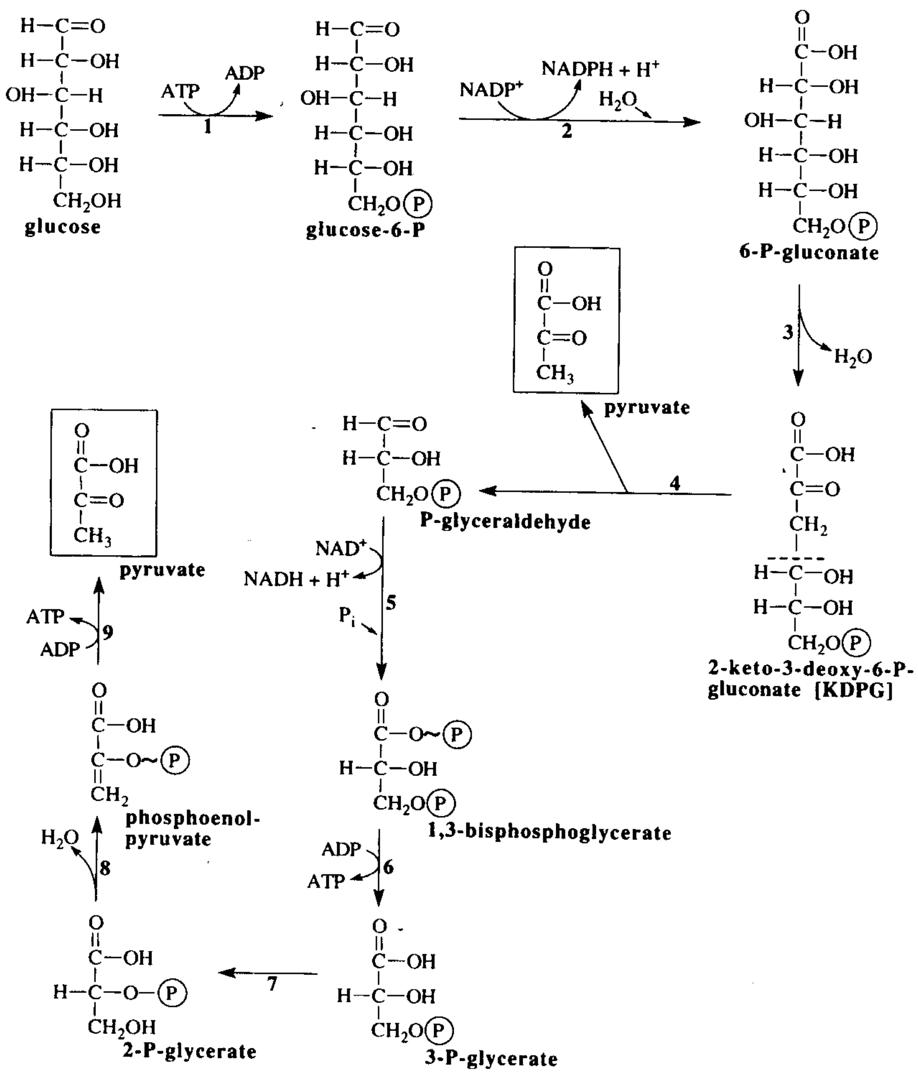
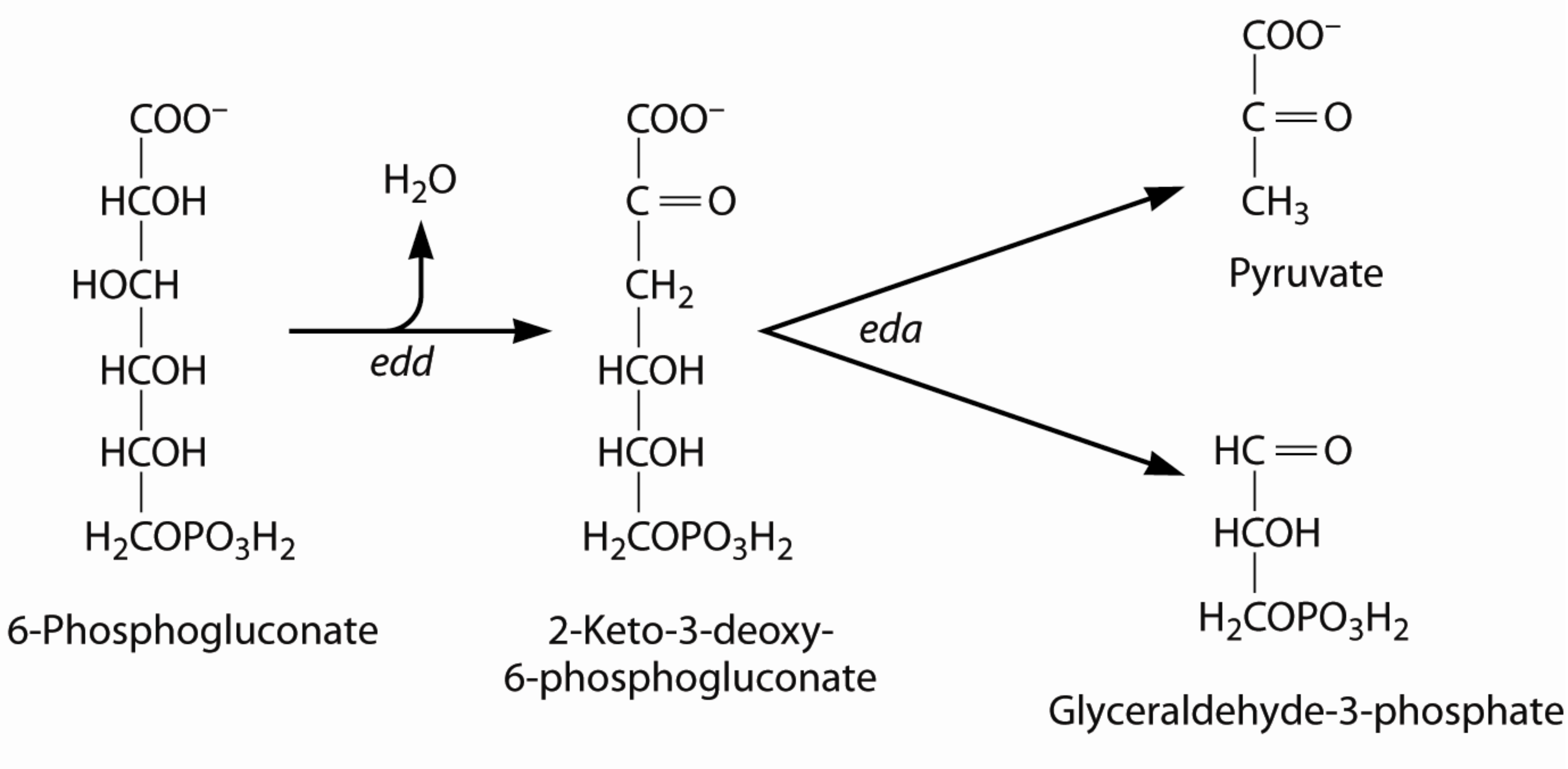


Fig. 8.12 The Entner–Doudoroff pathway. Because there is only one PGALD formed, there is only one ATP made. The enzymes unique to this pathway are the 6-phosphogluconate dehydratase (reaction 3) and the KDPG aldolase (reaction 4). The other enzymes are present in the pentose phosphate pathway and the glycolytic pathway. Enzymes: 1, hexokinase; 2, glucose-6-phosphate dehydrogenase; 3, 6-phosphogluconate dehydratase; 4, KDPG aldolase; 5, triose phosphate dehydrogenase; 6, PGA kinase; 7, mutase; 8, enolase; 9, pyruvate kinase.

Via de Entner-Doudoroff



Reações específicas de ED

Via de Entner-Doudoroff

ED

- ATP
- NAD(P)H
- Glicose-6-fosfato
- Frutose-6-fosfato
- Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
- Eritrose-4-fosfato
- Sedoheptulose-7-fosfato
- Gliceraldeído-3-fosfato
- 3-Fosfoglicerato
- Fosfoenolpiruvato
- Piruvato
- Acetil-CoA
- Oxaloacetato
- α-cetoglutarato
- Succinil-CoA

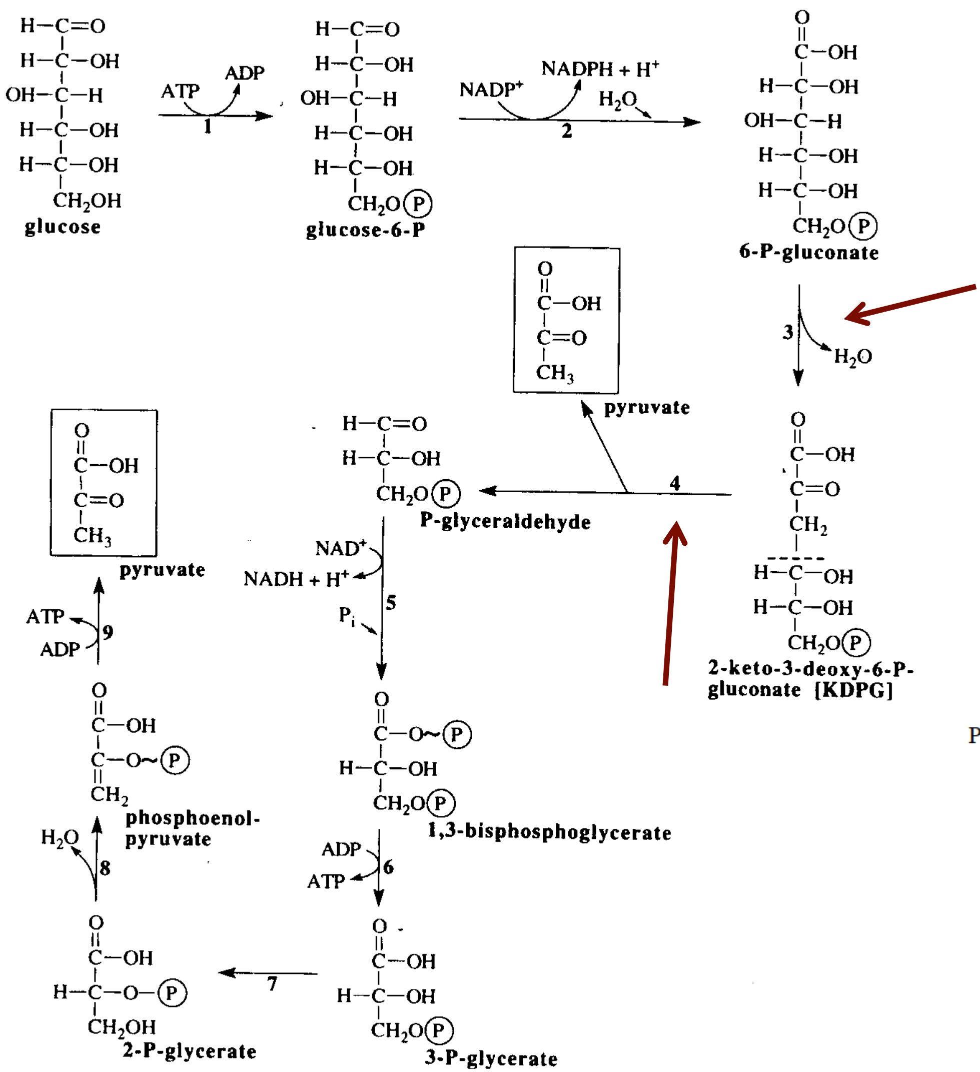


Fig. 8.12 The Entner–Doudoroff pathway. Because there is only one PGALD formed, there is only one ATP made. The enzymes unique to this pathway are the 6-phosphogluconate dehydratase (reaction 3) and the KDPG aldolase (reaction 4). The other enzymes are present in the pentose phosphate pathway and the glycolytic pathway. Enzymes: 1, hexokinase; 2, glucose-6-phosphate dehydrogenase; 3, 6-phosphogluconate dehydratase; 4, KDPG aldolase; 5, triose phosphate dehydrogenase; 6, PGA kinase; 7, mutase; 8, enolase; 9, pyruvate kinase.

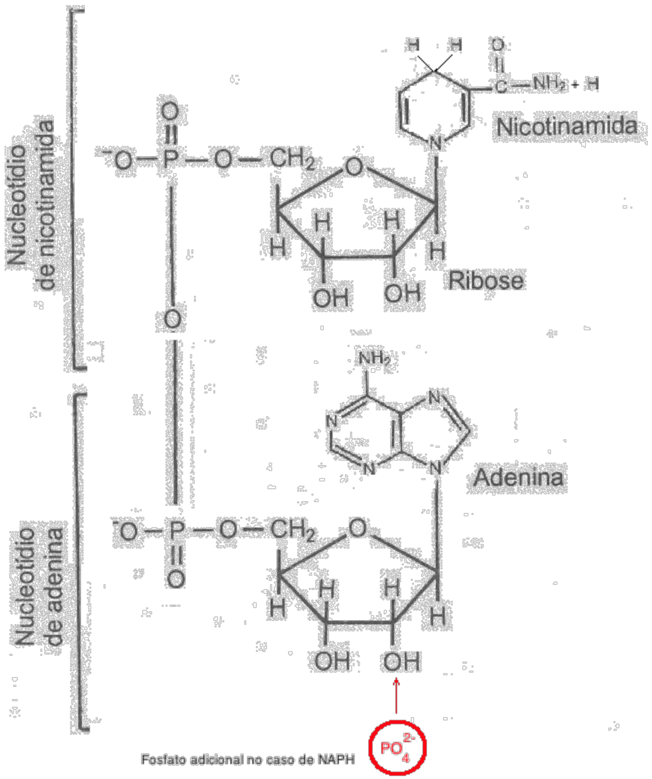
Presença das vias Embden-Meyerhof-Parnas e Entner-Doudoroff em algumas bactérias

Organismo	EMP	ED
Ralstonia eutropha	-	+
Pseudomonas aeruginosa	-	+
Pseudomonas saccharophila	-	+
Escherichia coli	+	-/+*
Xhantomonas phaseoli	-	+
Bradyhizobium japonicum	-	+
Azotobacter choococcum	+	-
Bacillus subtilis	+	-
Arthrobacter sp	+	-

**E. coli* somente expressa as enzimas de Entner-Doudoroff quando cresce em gliconato

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*			
	EMP	ED		
ATP	X	X		
NAD(P)H	-	X		
Glicose-6-fosfato	X	X		
Frutose-6-fosfato	X	-		
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-	-		
Eritrose-4-fosfato	-	-		
Sedoheptulose-7-fosfato	-	-		
Gliceraldeído-3-fosfato	X	X		
3-Fosfoglicerato	X	X		
Fosfoenolpiruvato	X	X		
Piruvato	X	X		
Acetil-CoA	-	-		
Oxaloacetato	-	-		
α-cetoglutarato	-	-		
Succinil-CoA	-	-		

ED gera NADPH
Há outras fontes de NADPH?



Como obter NADPH?

Via das pentoses

$$C_6H_{12}O_6 + ATP + 6\ NADP^+ \rightarrow C_3H_6O_3PO_4 + ADP + 3\ CO_2 + 6\ NADPH$$

gliceraldeído-3-fosfato

Glicose

Uma célula bacteriana pode crescer fazendo VP?

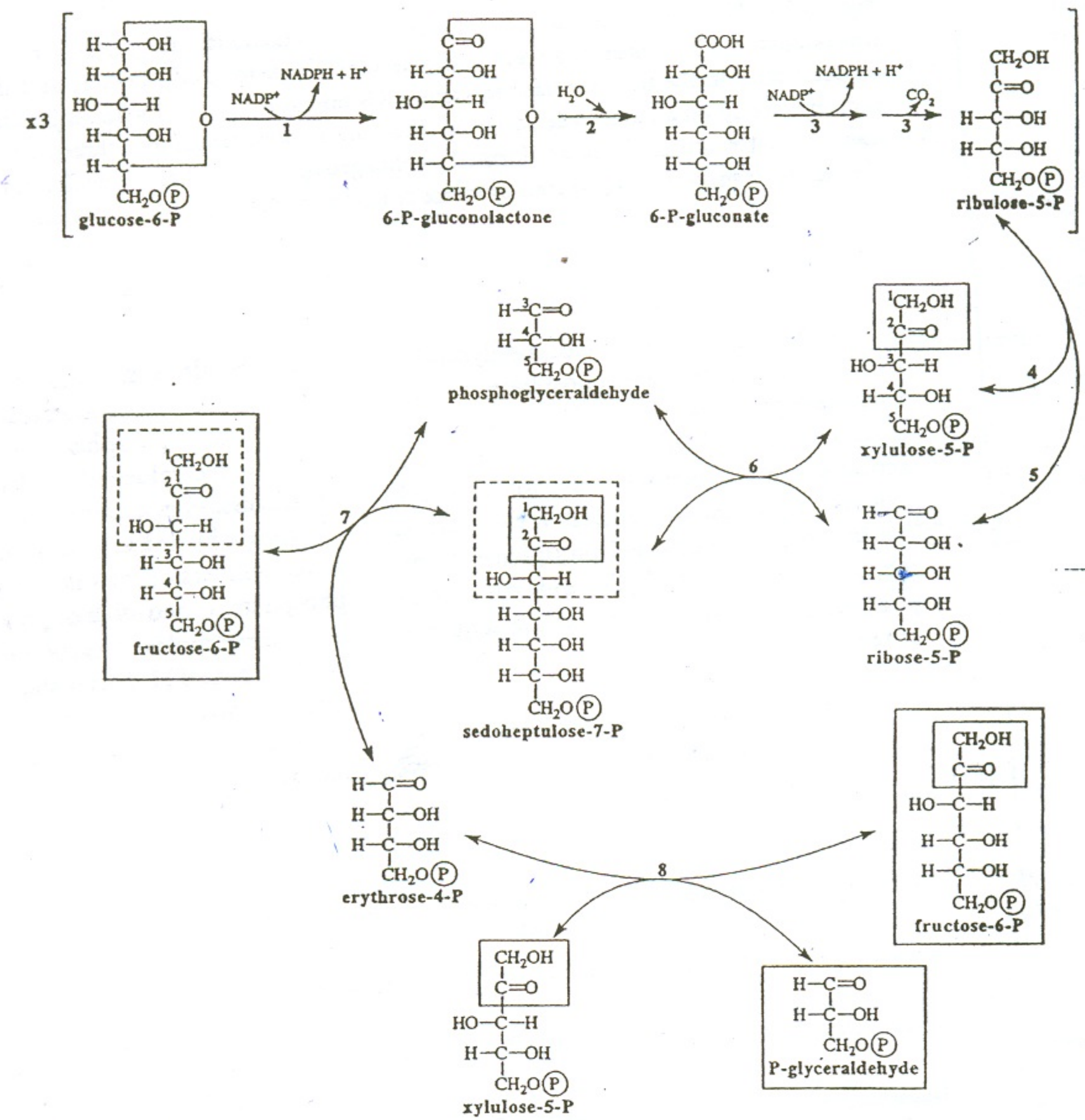


Fig. 8.11 The pentose phosphate pathway. Enzymes: 1, glucose-6-phosphate dehydrogenase; 2, lactonase; 3, 6-phosphogluconate dehydrogenase; 4, ribulose-5-phosphate epimerase; 5, ribose-5-phosphate isomerase; 6, 8, transketolase; 7, transaldolase. The two-carbon moiety transferred by the transketolase is shown in the boxed area. The three-carbon fragment transferred by the transaldolase is shown in the dashed box. The product of the glucose-6-phosphate dehydrogenase reaction is the lactone, which is unstable and hydrolyzes spontaneously to the free acid. However, there exists a specific lactonase that catalyzes the reaction.

ATP
NAD(P)H
Glicose-6-fosfato
Frutose-6-fosfato
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
Eritrose-4-fosfato
Sedoheptulose-7-fosfato
Gliceraldeído-3-fosfato
3-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Piruvato
Acetil-CoA
Oxaloacetato
α-cetoglutarato
Succinil-CoA

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*		
	EMP	ED	VP
ATP	X	X	-
NAD(P)H	-	X	X
Glicose-6-fosfato	X	X	X
Frutose-6-fosfato	X	-	X
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-	-	X
Eritrose-4-fosfato	-	-	X
Sedoheptulose-7-fosfato	-	-	X
Gliceraldeído-3-fosfato	X	X	X
3-Fosfoglicerato	X	X	-
Fosfoenolpiruvato	X	X	-
Piruvato	X	X	-
Acetil-CoA	-	-	-
Oxaloacetato	-	-	-
α-cetoglutarato	-	-	-
Succinil-CoA	-	-	-

*EMP – via de Embden Meyerhof Parnas; VP- via das pentoses ED- via de Entner -Doudoroff

Via da Fosfocetolase

(Hexose monofosfato)

(A) Glicose + ADP + 3 NAD^+ $\rightarrow$ AcetilCoA + Piruvato + ATP + 3 NADH + CO_2

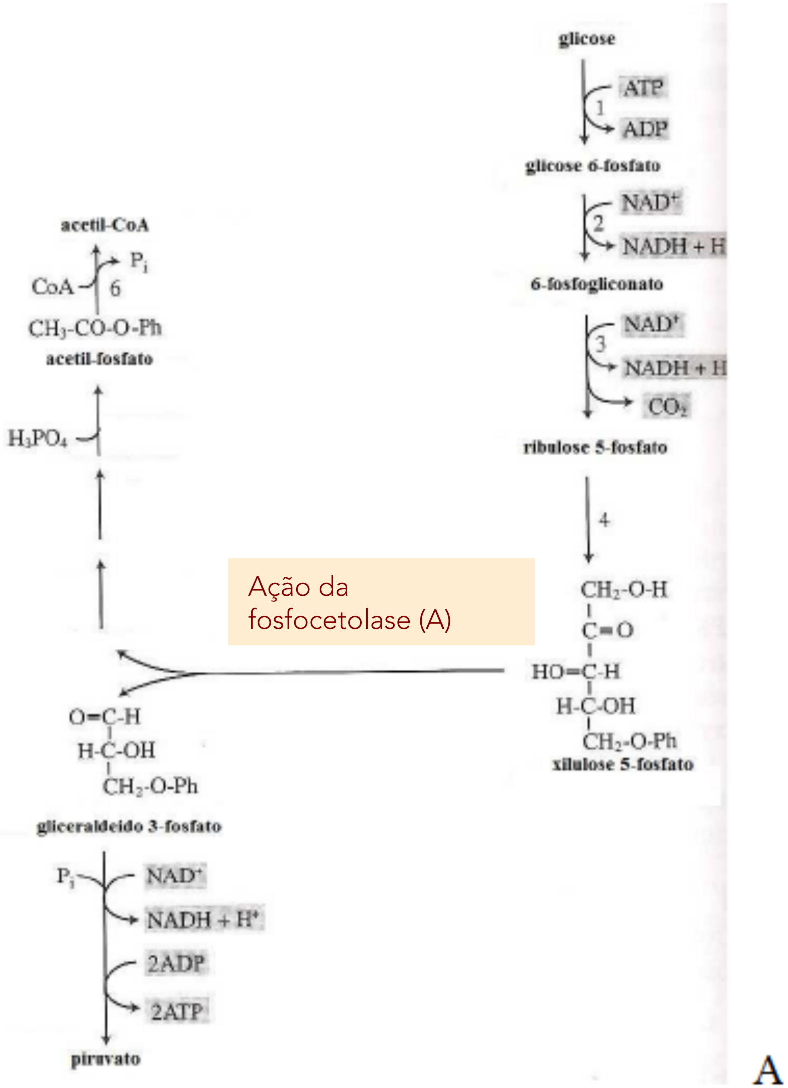
(B) 2 Glicose + 2 ADP + 2 NAD^+ $\rightarrow$ 3 AcetilCoA + 2 Piruvato + 2 ATP + 2 NADH

Uma célula bacteriana pode crescer fazendo VF?

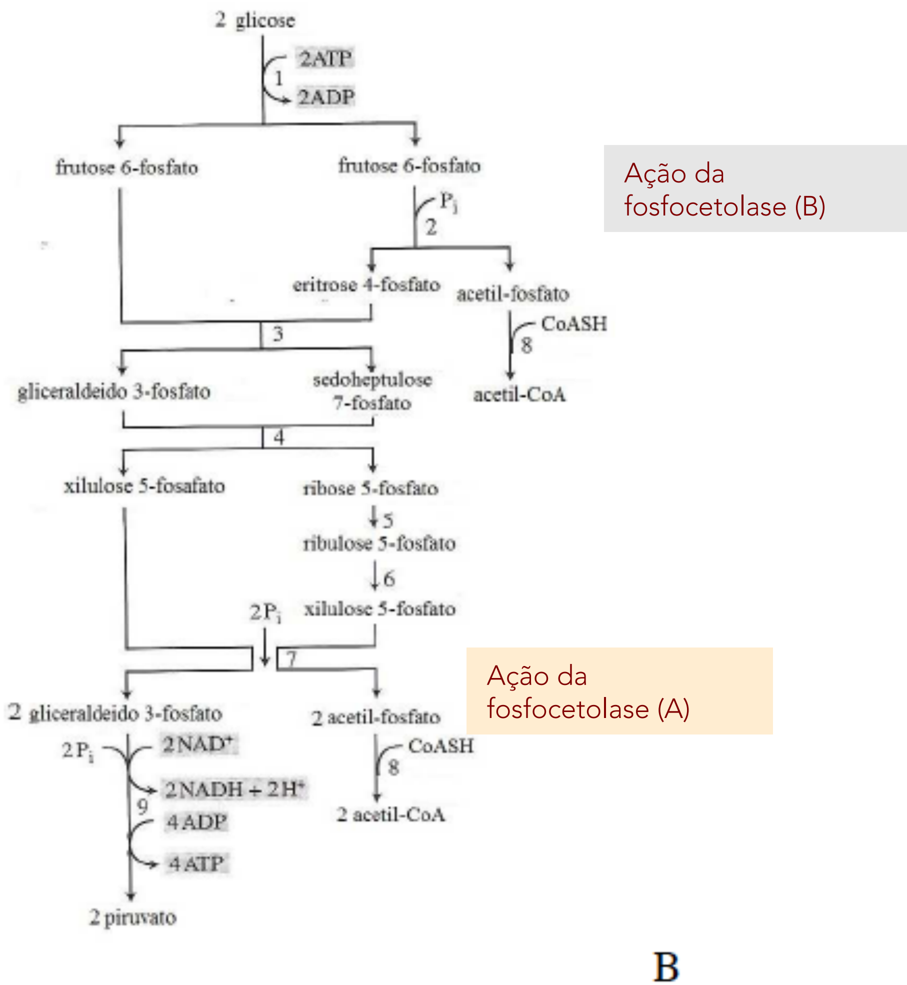
Via da Fosfocetolase

Hexose monofosfato

Ocorrência:
bactérias láticas homofermentadoras



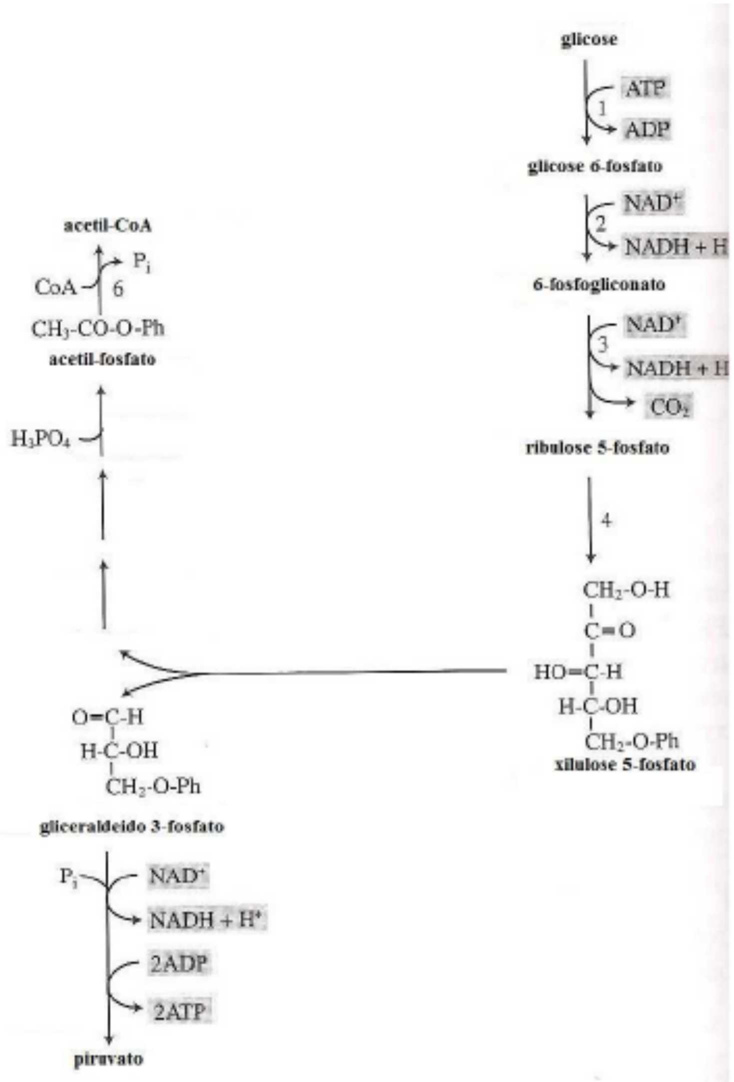
Leuconostoc mesenteroides



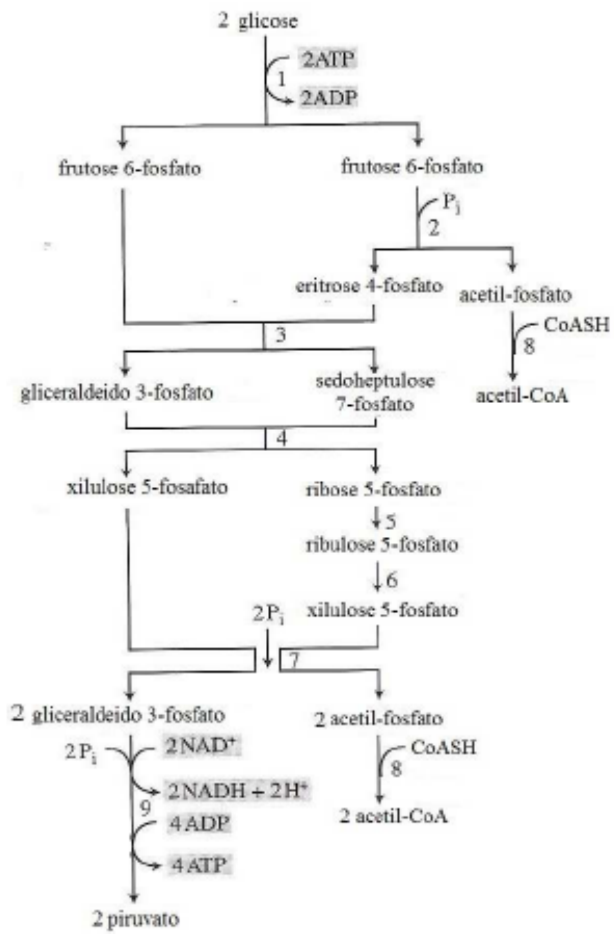
Bifidobacterium bifidum

Via da Fosfocetolase

(Hexose monofosfato)



A



ATP
NAD(P)H
Glicose-6-fosfato
Frutose-6-fosfato
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
Eritrose-4-fosfato
Sedoheptulose-7-fosfato
Gliceraldeído-3-fosfato
3-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Piruvato
Acetil-CoA
Oxaloacetato
α-cetoglutarato
Succinil-CoA

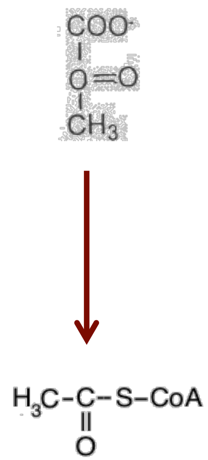
B

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*			
	EMP	ED	VP	HMP
ATP	X	X	-	X
NAD(P)H	-	X	X	-
Glicose-6-fosfato	X	X	X	X
Frutose-6-fosfato	X	-	X	X
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-	-	X	X
Eritrose-4-fosfato	-	-	X	X
Sedoheptulose-7-fosfato	-	-	X	X
Gliceraldeído-3-fosfato	X	X	X	X
3-Fosfoglicerato	X	X	-	X
Fosfoenolpiruvato	X	X	-	X
Piruvato	X	X	-	X
Acetil-CoA	-	-	-	X
Oxaloacetato	-	-	-	-
α-cetoglutarato	-	-	-	-
Succinil-CoA	-	-	-	-

*EMP – via de Embden Meyerhof Parnas; VP- via das pentoses ED- via de Entner -Doudoroff

Os destinos do piruvato

- Precursor de biossíntese
- Oxidação a CO_2

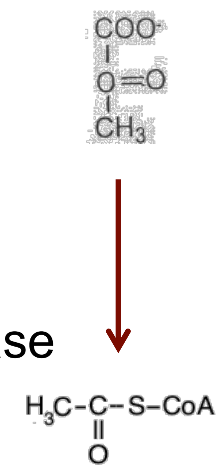


Piruvato

Acetil-CoA

Os destinos do piruvato

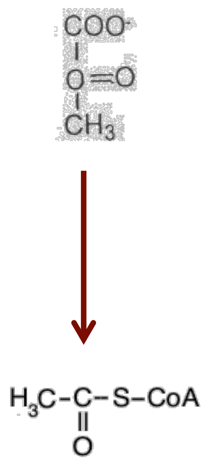
Complexo
piruvato
desidrogenase



CPD

Piruvato
Formiato
Liase

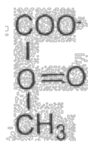
PFL



Piruvato

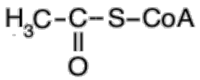
Acetil-CoA

Os destinos do piruvato



Complexo
piruvato
desidrogenase

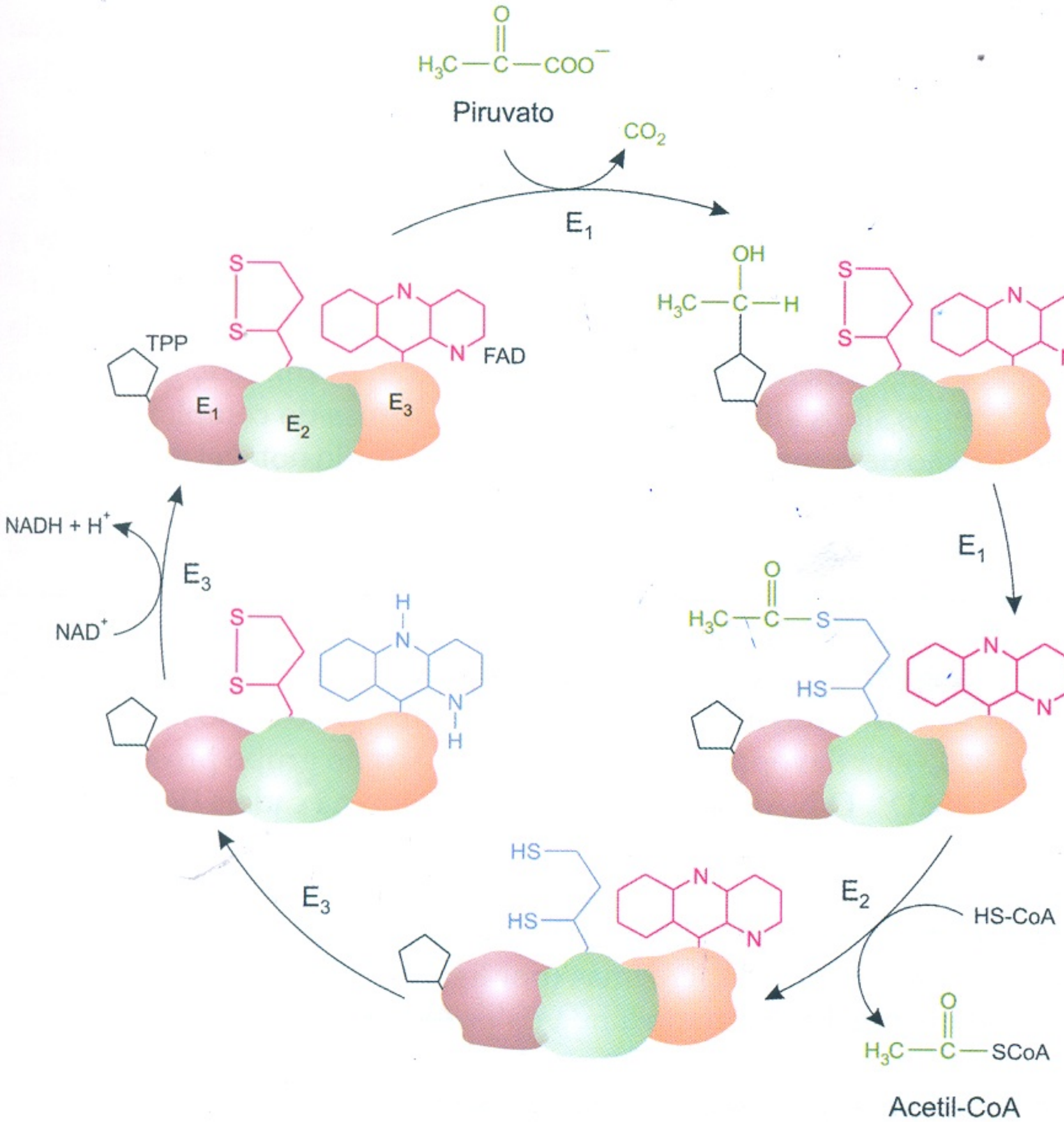
CPD



$$H_3C\text{-}CO\text{-}COO^- + HS\text{-}CoA + NAD^+ \longrightarrow H_3C\text{-}CO\text{-}SCoA + NADH + CO_2$$

Piruvato

Acetil-CoA



Coenzima A

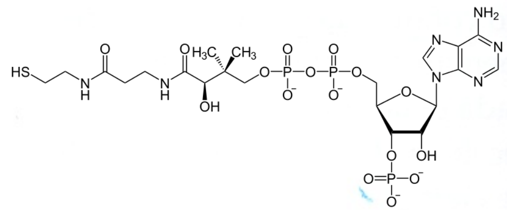
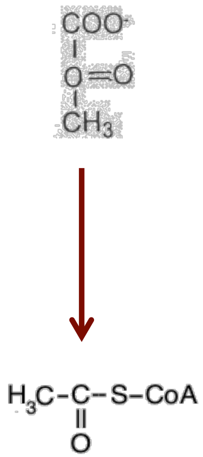


Fig. 9.9 Etapas da reação catalisada pelo complexo piruvato desidrogenase, onde E_1, E_2 e E_3 representam respectivamente as enzimas: piruvato desidrogenase (TPP), diidrolipoil transacetilase (ácido lipóico) e diidrolipoil desidrogenase (FAD).

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*				
	EMP	ED	VP	HMP	CPD
ATP	X	X	-	X	-
NAD(P)H	-	X	X	-	-
Glicose-6-fosfato	X	X	X	X	-
Frutose-6-fosfato	X	-	X	X	-
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-	-	X	X	-
Eritrose-4-fosfato	-	-	X	X	-
Sedoheptulose-7-fosfato	-	-	X	X	-
Gliceraldeído-3-fosfato	X	X	X	X	-
3-Fosfoglicerato	X	X	-	X	-
Fosfoenolpiruvato	X	X	-	X	-
Piruvato	X	X	-	X	-
Acetil-CoA	-	-	-	X	X
Oxaloacetato	-	-	-	-	-
α-cetoglutarato	-	-	-	-	-
Succinil-CoA	-	-	-	-	-

Os destinos do piruvato



Piruvato

Piruvato
Formiato
Liase

PFL

Acetil-CoA

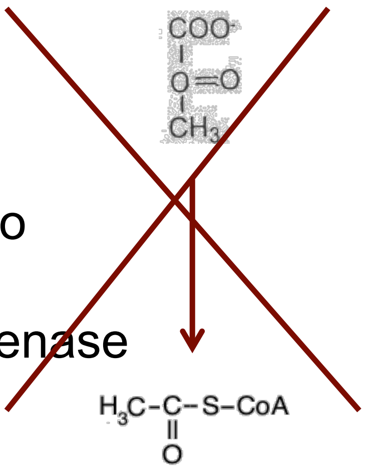
$H_3C\text{-}CO\text{-}COO^- + HS\text{-}CoA \rightarrow H_3C\text{-}CO\text{-}SCoA + HCOO^-$

Piruvato — Acetil-CoA — Formiato

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*				
	EMP	ED	VP	HMP	CPD/ PFL
ATP	X	X	-	X	-
NAD(P)H	-	X	X	-	-
Glicose-6-fosfato	X	X	X	X	-
Frutose-6-fosfato	X	-	X	X	-
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-	-	X	X	-
Eritrose-4-fosfato	-	-	X	X	-
Sedoheptulose-7-fosfato	-	-	X	X	-
Gliceraldeído-3-fosfato	X	X	X	X	-
3-Fosfoglicerato	X	X	-	X	-
Fosfoenolpiruvato	X	X	-	X	-
Piruvato	X	X	-	X	-
Acetil-CoA	-	-	-	X	X
Oxaloacetato	-	-	-	-	-
α-cetoglutarato	-	-	-	-	-
Succinil-CoA	-	-	-	-	-

Os destinos do piruvato

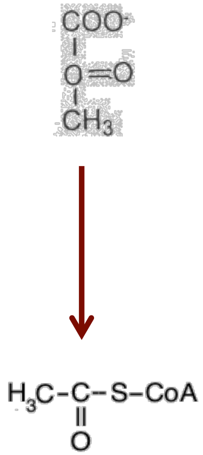
Complexo
piruvato
desidrogenase



CPD

Piruvato
Formiato
Liase

PFL



Piruvato

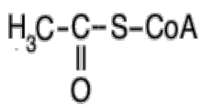
Acetil-CoA

~~O_2~~

Situação em enterobactérias

Destinos de acetil-coA

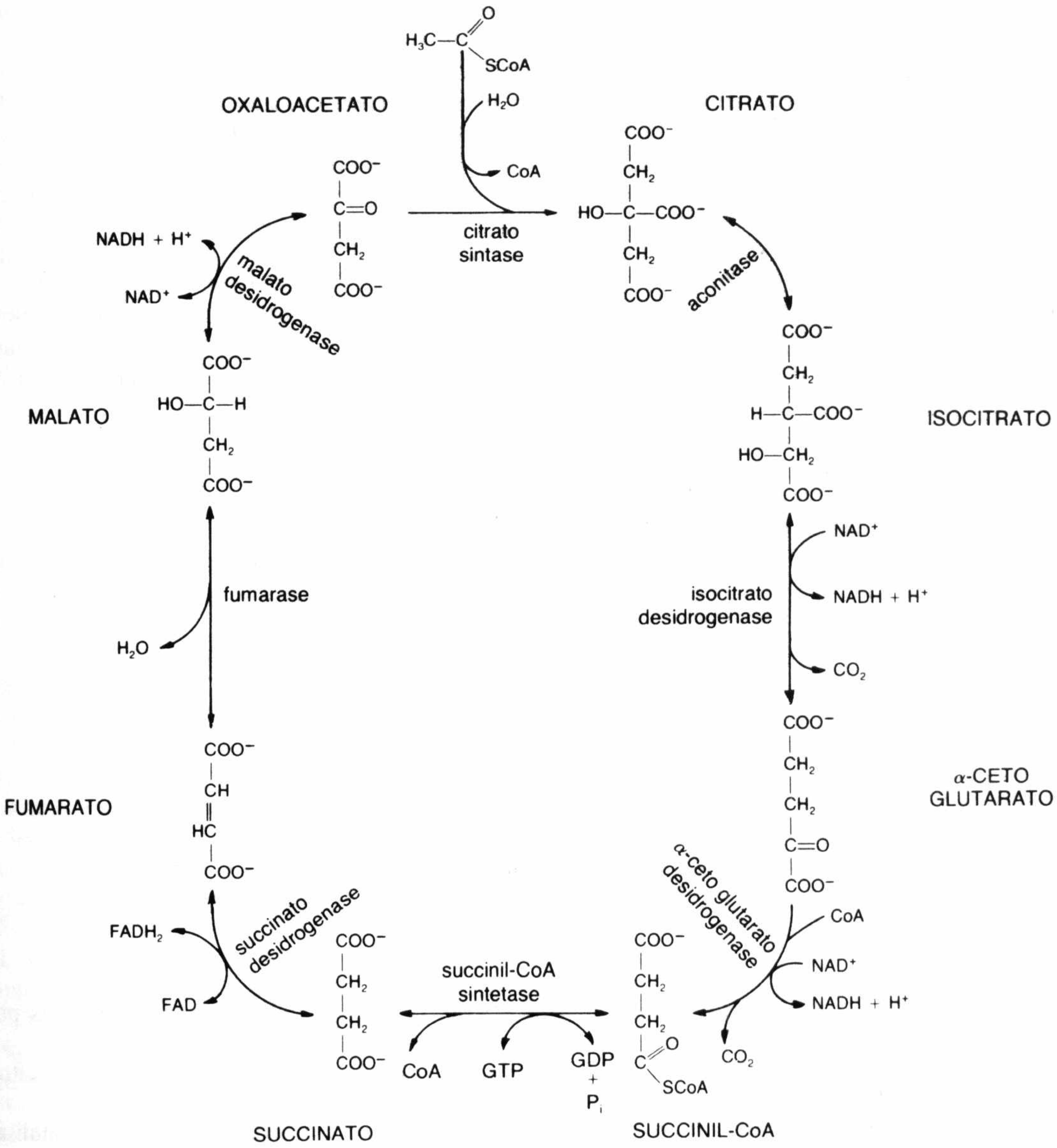
- Precursor do metabolismo



- Ciclo dos ácidos tricarboxílicos
- Ramos oxidativo e redutor

Ciclo dos ácidos tricarboxílicos (TCA ou ciclo de Krebs)

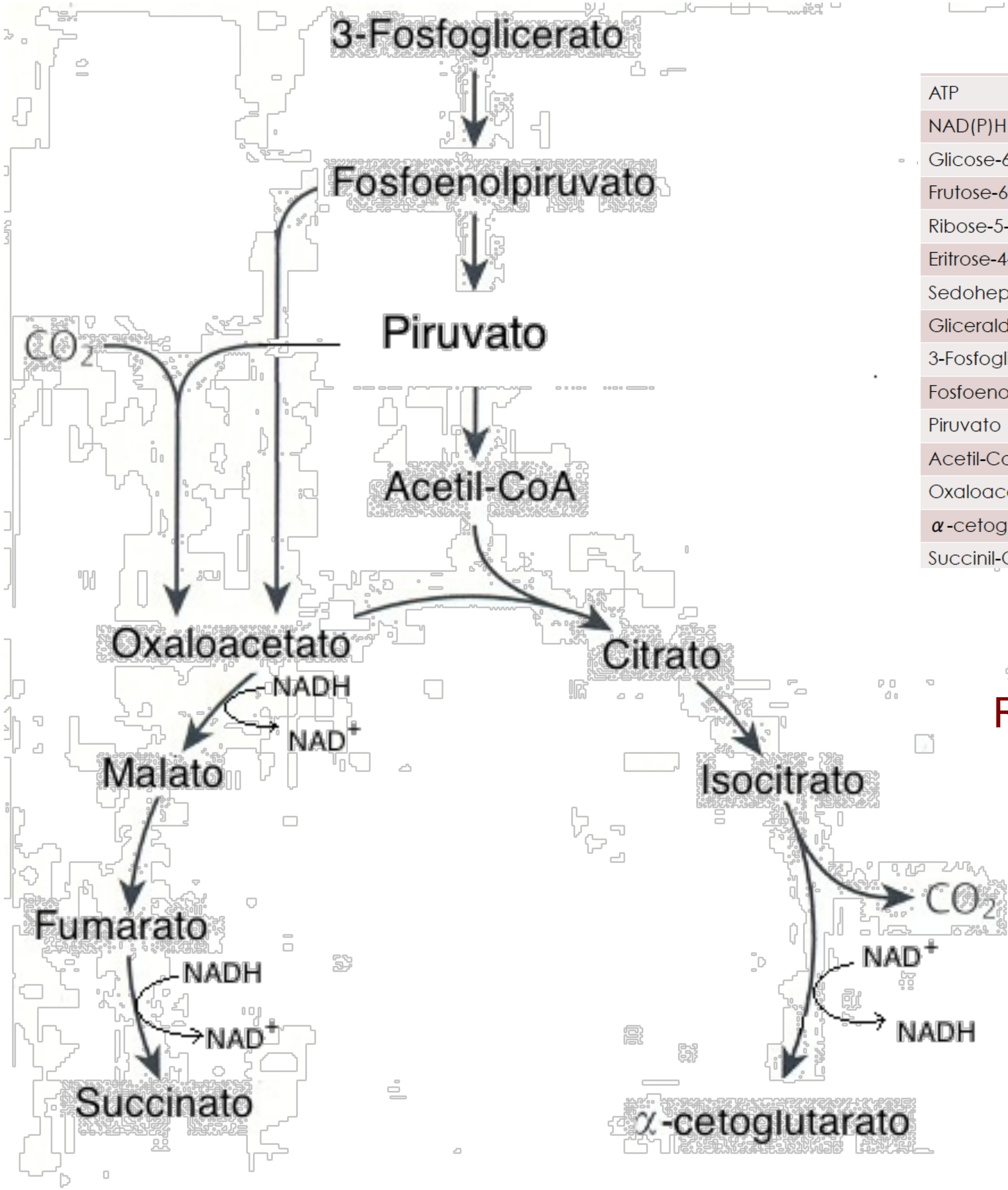
$$H_3C\text{-}CO\text{-}SCoA + 3\ NAD^+ + FAD + GDP + P_i + H_2O \longrightarrow 2CO_2 + 3NADH + 2H^+ + FADH_2 + GTP + HSCoA$$



Ciclo de Krebs.

ATP
NAD(P)H
Glicose-6-fosfato
Frutose-6-fosfato
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
Eritrose-4-fosfato
Sedoheptulose-7-fosfato
Gliceraldeído-3-fosfato
3-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Piruvato
Acetil-CoA
Oxaloacetato
α-cetoglutarato
Succinil-CoA

Em algumas condições o complexo α-cetoglutarato desidrogenase não está presente ou está inativado



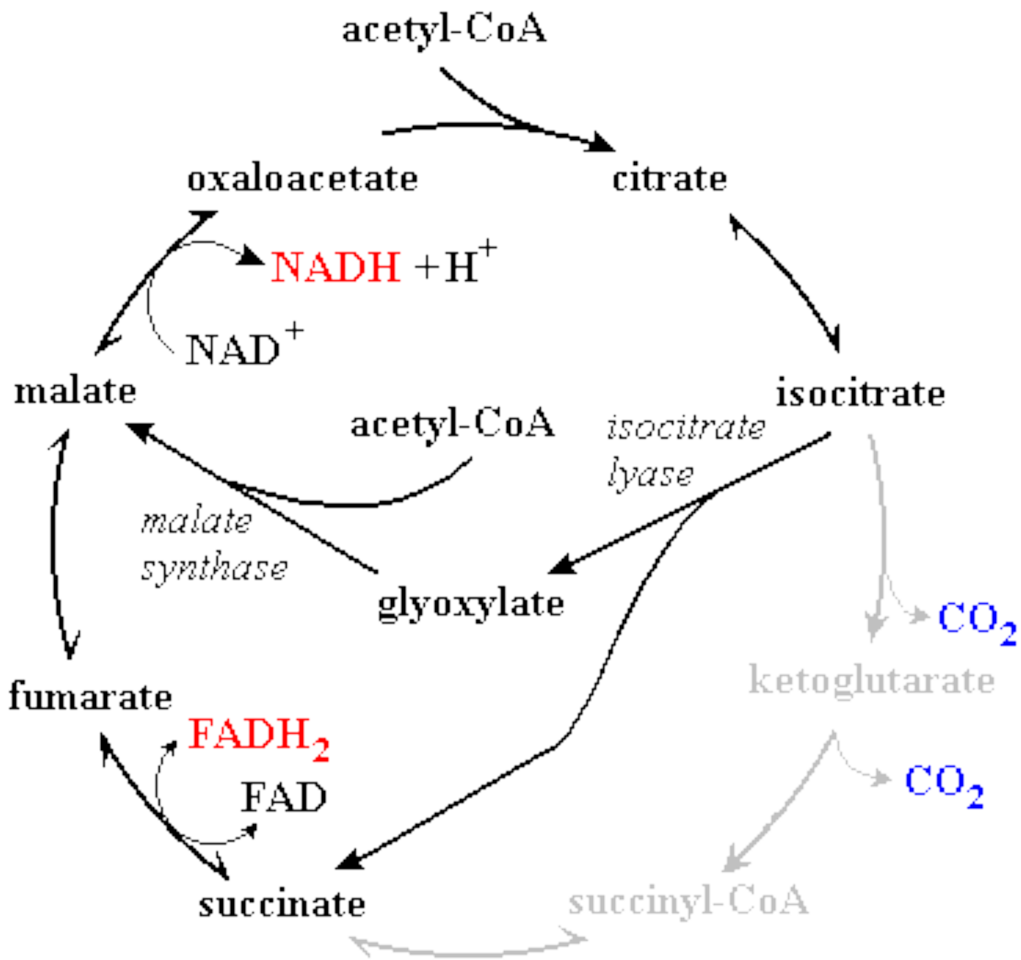
Ramo redutor

Ramo oxidativo

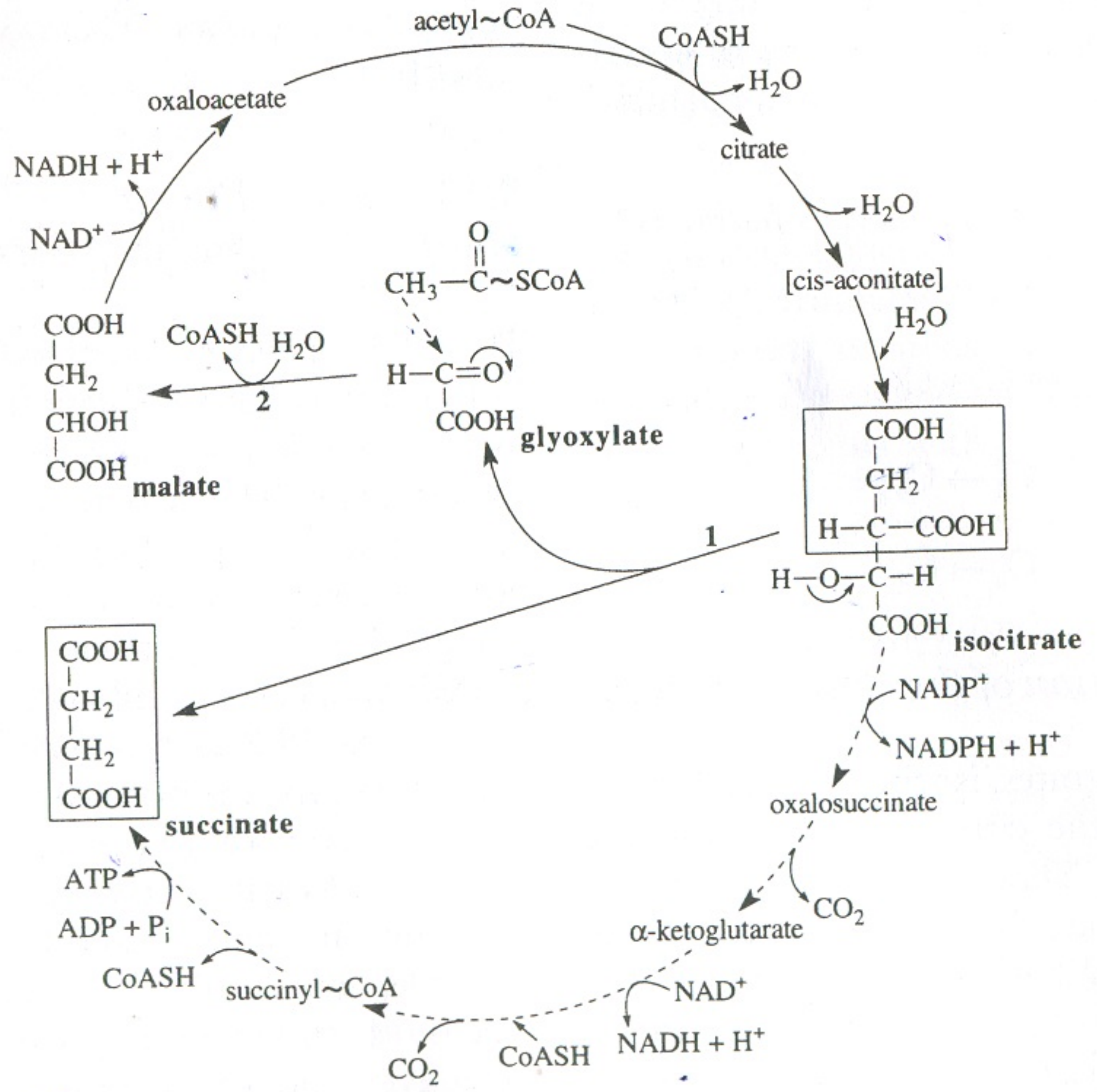
ATP
NAD(P)H
Glicose-6-fosfato
Frutose-6-fosfato
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato
Eritrose-4-fosfato
Sedoheptulose-7-fosfato
Gliceraldeído-3-fosfato
3-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Piruvato
Acetil-CoA
Oxaloacetato
α-cetoglutarato
Succinil-CoA

Metabólito	Via predominante de origem do metabólito*						
	EMP	ED	VP	HMP	CPD /PFL	TCA	RR/ RO
ATP	X	X	-	X	-	X	-
NAD(P)H	-	X	X	-	-	-	-
Glicose-6-fosfato	X	X	X	X	-	-	-
Frutose-6-fosfato	X	-	X	X	-	-	-
Ribose-5-fosfato ou ribulose-5-fosfato	-	-	X	X	-	-	-
Eritrose-4-fosfato	-	-	X	X	-	-	-
Sedoheptulose-7-fosfato	-	-	X	X	-	-	-
Gliceraldeído-3-fosfato	X	X	X	X	-	-	-
3-Fosfoglicerato	X	X	-	X	-	-	-
Fosfoenolpiruvato	X	X	-	X	-	-	-
Piruvato	X	X	-	X	-	-	-
Acetil-CoA	-	-	-	X	X	-	-
Oxaloacetato	-	-	-	-	-	X	X
α-cetoglutarato	-	-	-	-	-	X	X
Succinil-CoA	-	-	-	-	-	X	X

Shunt do glioxilato



2 Acetil-CoA + NAD^+ + $2H_2O$ ➔ Succinato + 2HS-CoA + NADH + $3H^+$



The glyoxylate cycle. Enzymes: **1**, isocitrate lyase; **2**, malate synthase. The dashed arrows represent reactions of the citric acid cycle that are bypassed.

Como as bactérias crescem quando não há glicose?

β -oxidação de ácidos graxos

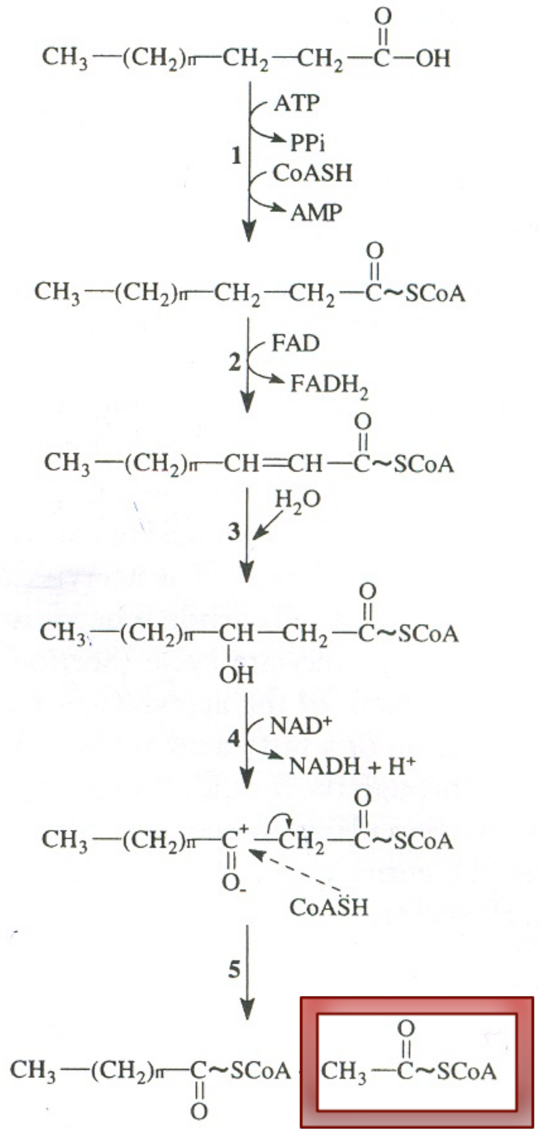
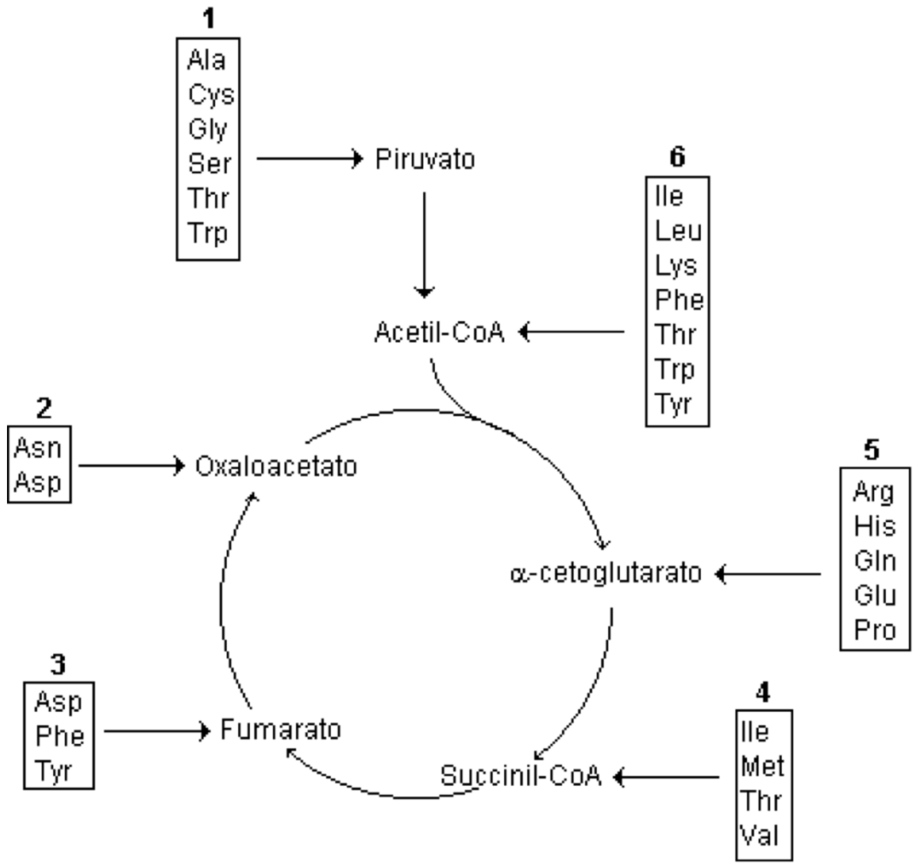


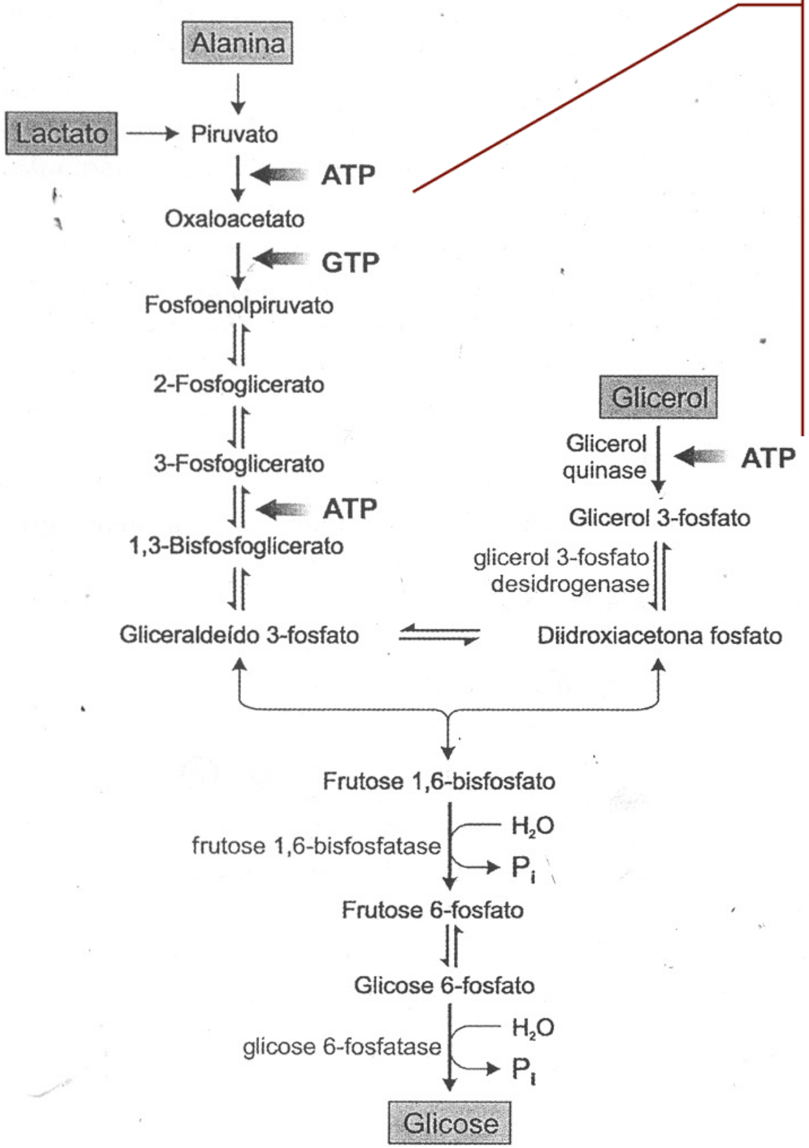
Fig. 9.1 β-Oxidation of fatty acids. Enzymes: **1**, acyl–CoA synthetase; **2**, fatty acyl–CoA dehydrogenase; **3**, 3-hydroxyacyl–CoA hydrolyase; **4**, L-3-hydroxyacyl–CoA dehydrogenase; **5**, β-ketothiolase.

Como as bactérias crescem quando não há glicose?



Destino da cadeia carbônica dos aminoácidos, que foram repartidos em seis grupos (1 a 6) de acordo com o composto formado.

Gliconeogênese



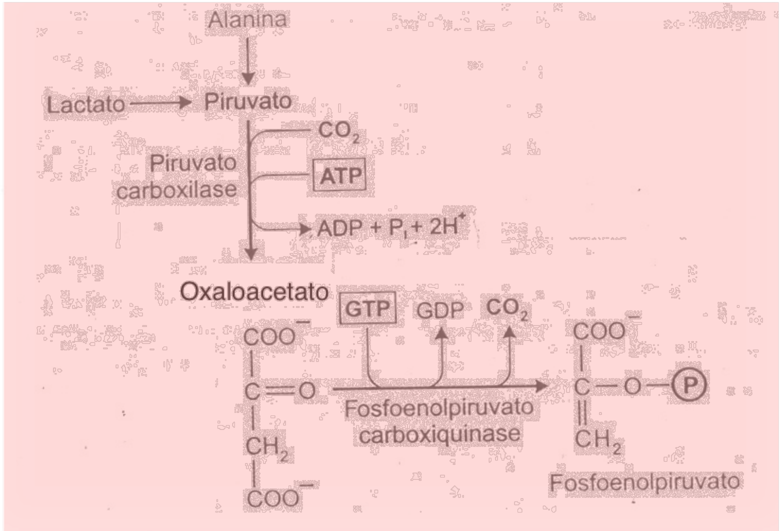
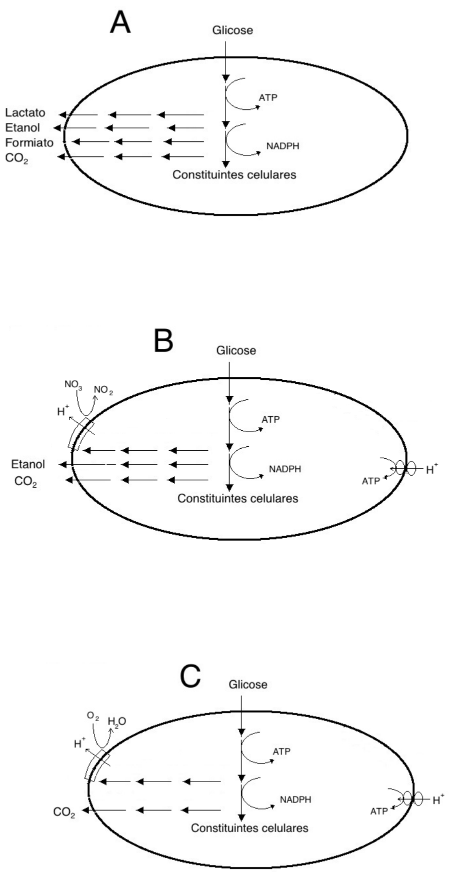


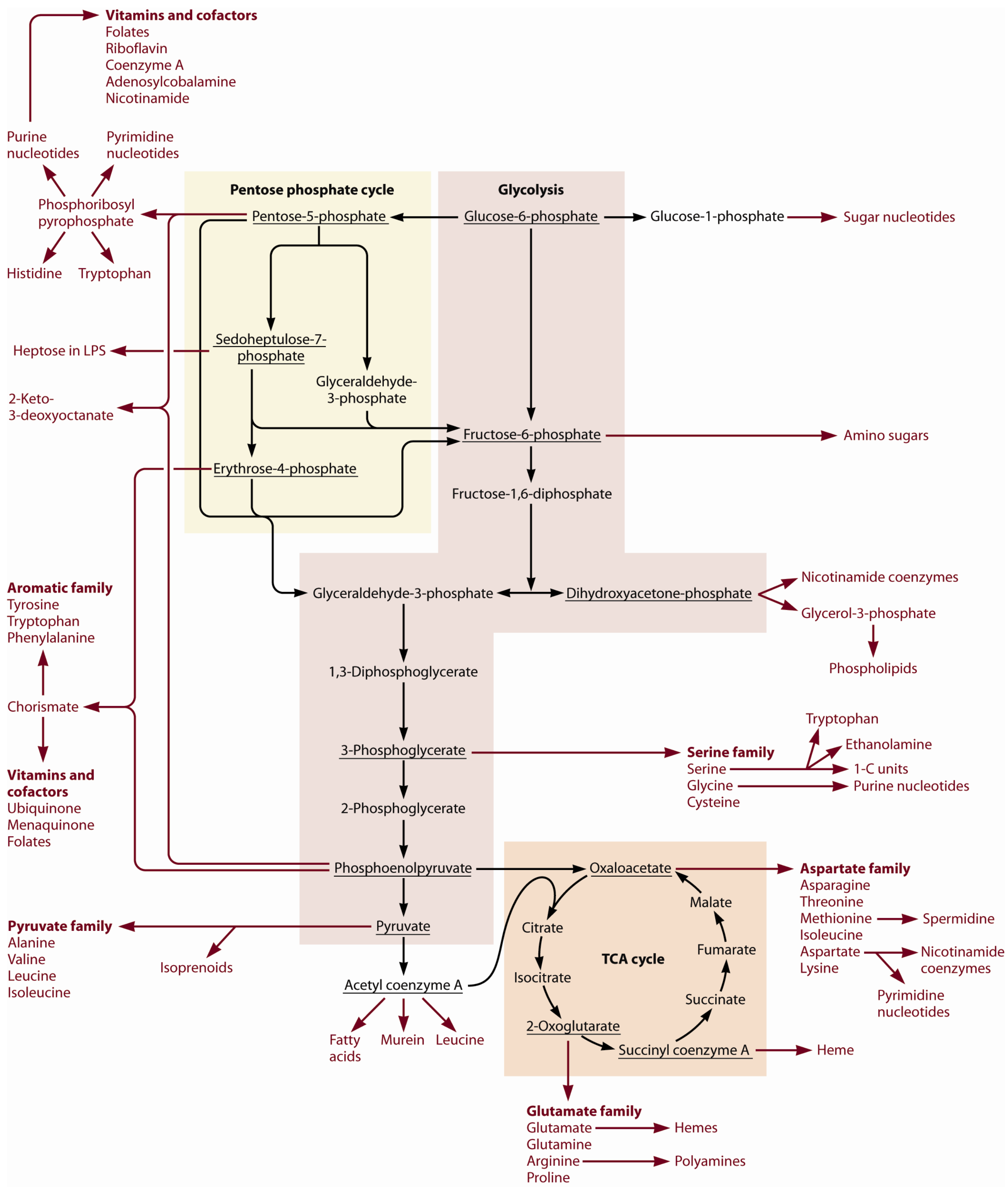
Fig. 14.4 Esquema simplificado da gliconeogênese. As reações que convertem piruvato a oxaloacetato e este a fosfoenolpiruvato estão detalhadas na Fig. 14.3. As reações comuns à via glicolítica podem ser encontradas na sua forma completa na Fig. 9.5 (Seção 9.1). Deve-se ressaltar que são necessárias *duas* moléculas de cada um dos compostos gliconeogênicos — alanina, lactato, glicerol — para sintetizar *uma* molécula de glicose.

Nenhuma das vias isoladamente consegue suprir os precursores necessários ao metabolismo bacteriano

Uma combinação de vias é necessária

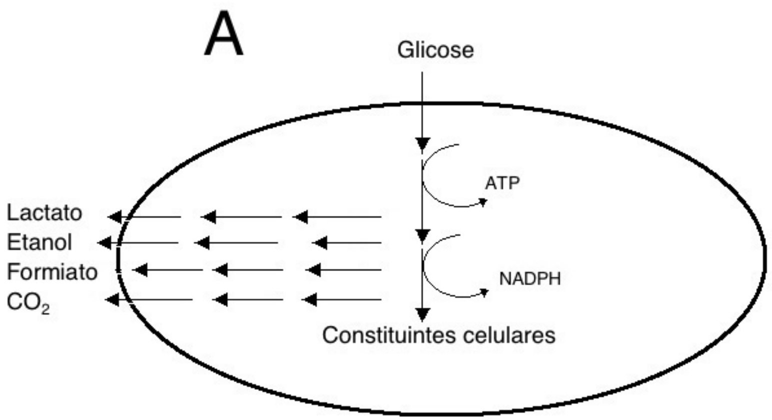


- Vias metabólicas
- Processos metabólicos
- Redes metabólicas

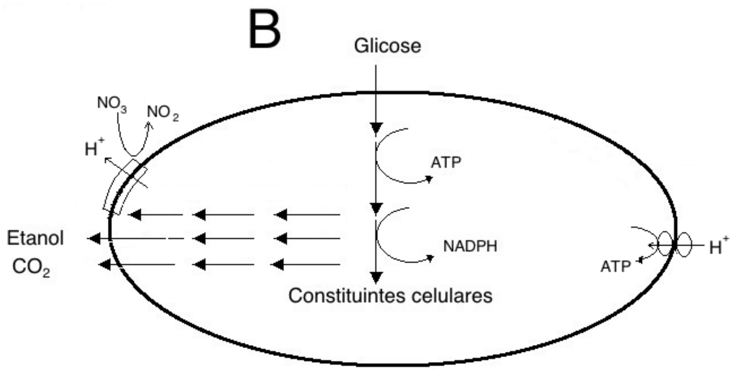

Vitamins and cofactors
Folates
Riboflavin
Coenzyme A
Adenosylcobalamine
Nicotinamide
Purine nucleotides
Pyrimidine nucleotides
Phosphoribosyl pyrophosphate
Histidine
Tryptophan
Pentose phosphate cycle
Glycolysis
Pentose-5-phosphate
Glucose-6-phosphate
Glucose-1-phosphate
Sugar nucleotides
Sedoheptulose-7-phosphate
Heptose in LPS
Glyceraldehyde-3-phosphate
2-Keto-3-deoxyoctanate
Fructose-6-phosphate
Amino sugars
Erythrose-4-phosphate
Fructose-1,6-diphosphate
Aromatic family
Tyrosine
Tryptophan
Phenylalanine
Glyceraldehyde-3-phosphate
Dihydroxyacetone-phosphate
Nicotinamide coenzymes
Glycerol-3-phosphate
Phospholipids
1,3-Diphosphoglycerate
Chorismate
Vitamins and cofactors
Ubiquinone
Menaquinone
Folates
3-Phosphoglycerate
Serine family
Serine
Glycine
Cysteine
Tryptophan
Ethanolamine
1-C units
Purine nucleotides
2-Phosphoglycerate
Phosphoenolpyruvate
Oxaloacetate
Aspartate family
Asparagine
Threonine
Methionine
Isoleucine
Aspartate
Lysine
Spermidine
Nicotinamide coenzymes
Pyrimidine nucleotides
Malate
Citrate
Fumarate
TCA cycle
Isocitrate
Succinate
2-Oxoglutarate
Succinyl coenzyme A
Heme
Pyruvate family
Alanine
Valine
Leucine
Isoleucine
Pyruvate
Isoprenoids
Acetyl coenzyme A
Fatty acids
Murein
Leucine
Glutamate family
Glutamate
Glutamine
Arginine
Proline
Hemes
Polyamines

Obtenção de ATP

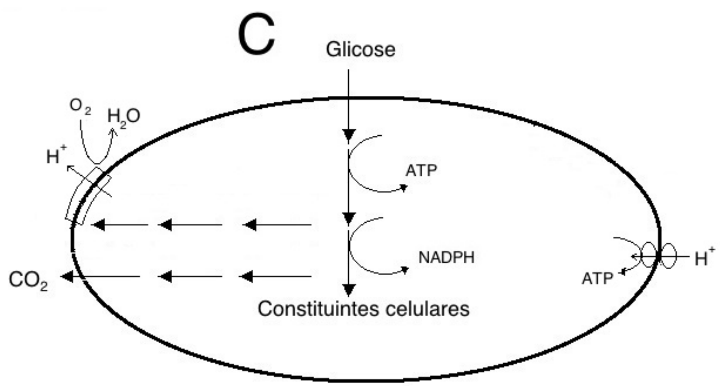
Heterotróficos



Sem O_2

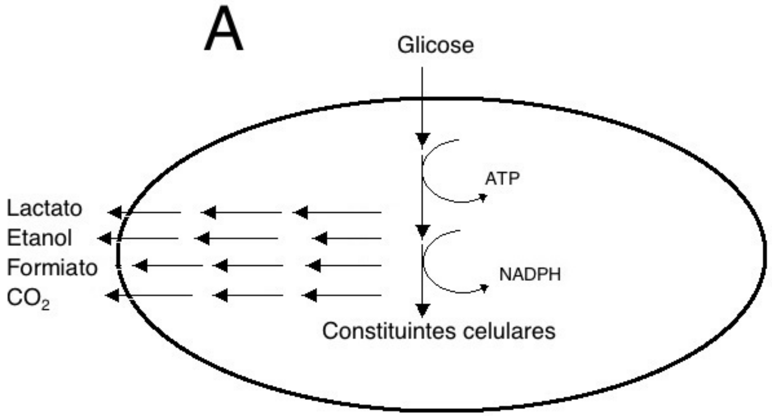


Sem O_2 com outro aceptor final de eletrons



Com O_2

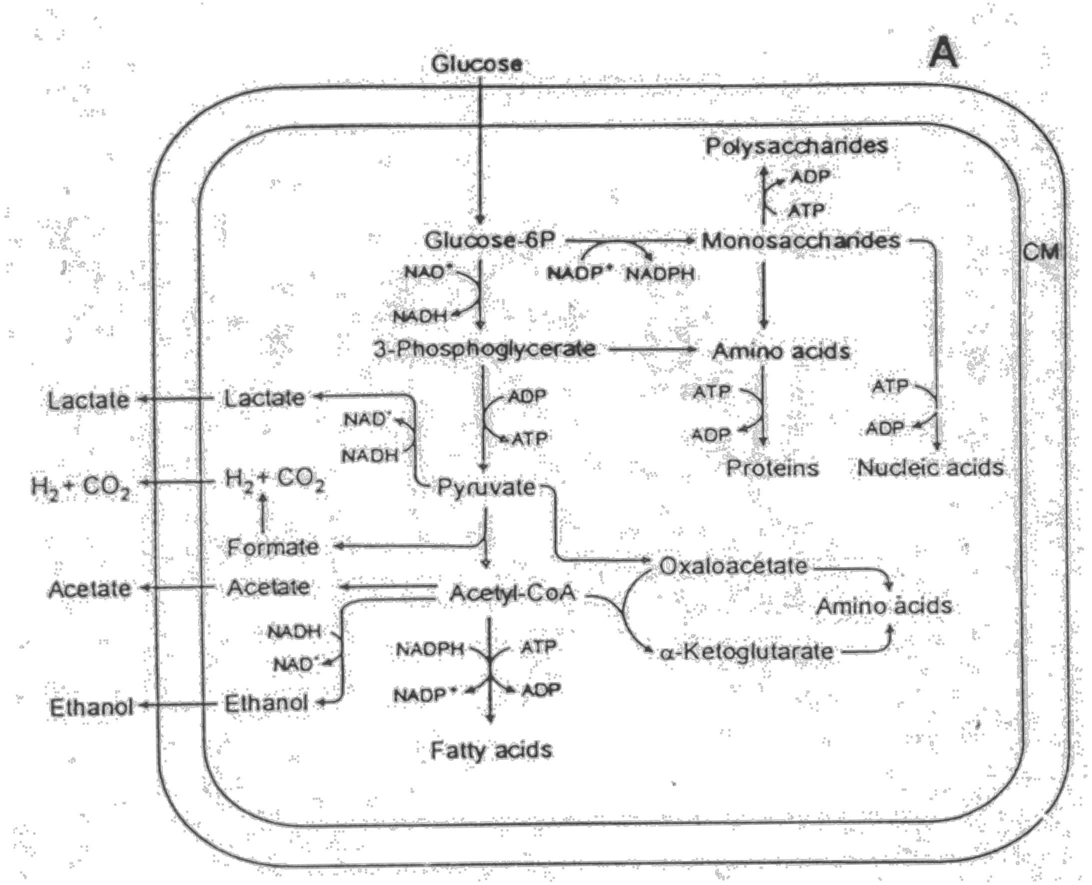
Heterotróficos



Sem O_2

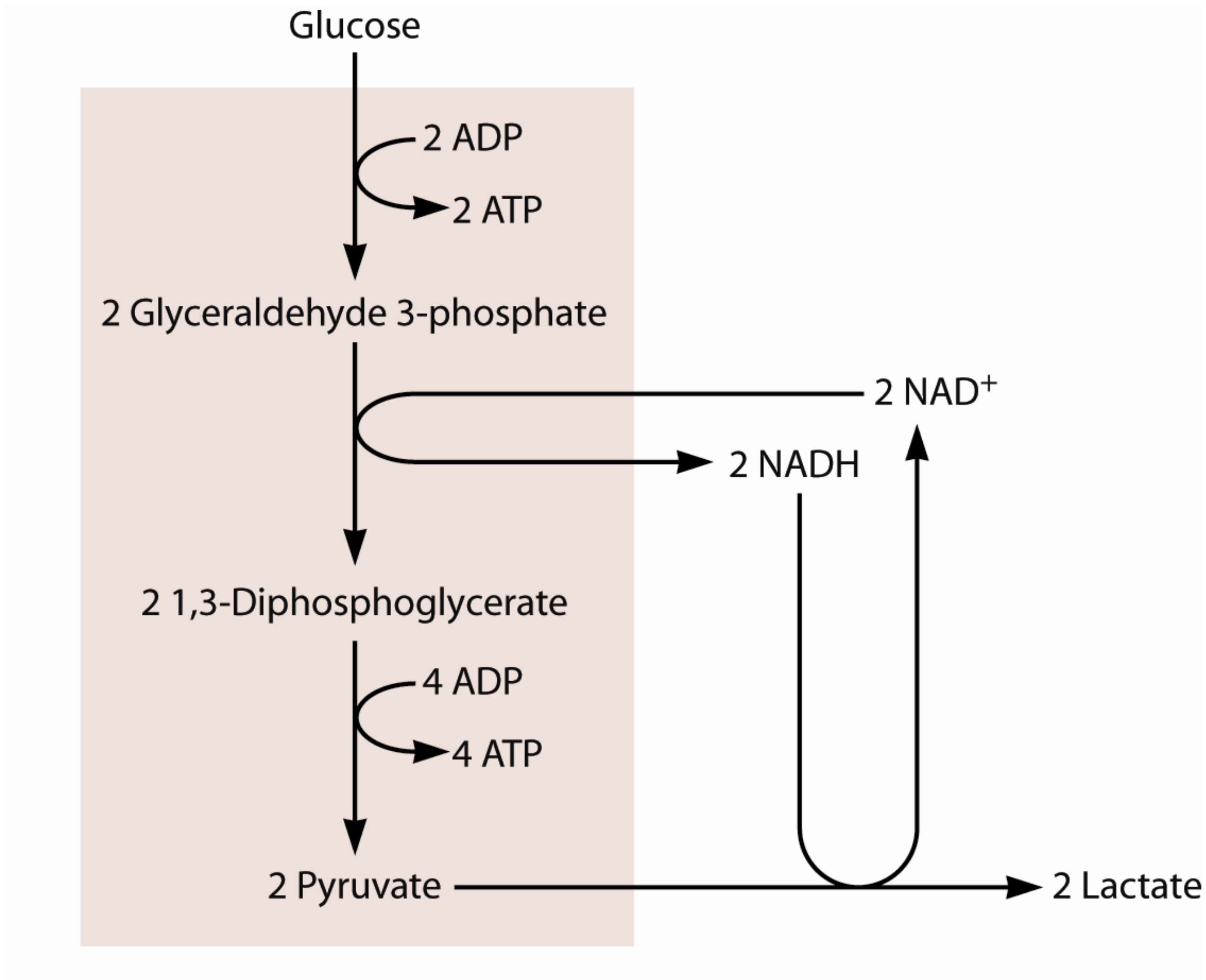
Sem aceptor de elétrons exógeno

FERMENTAÇÃO

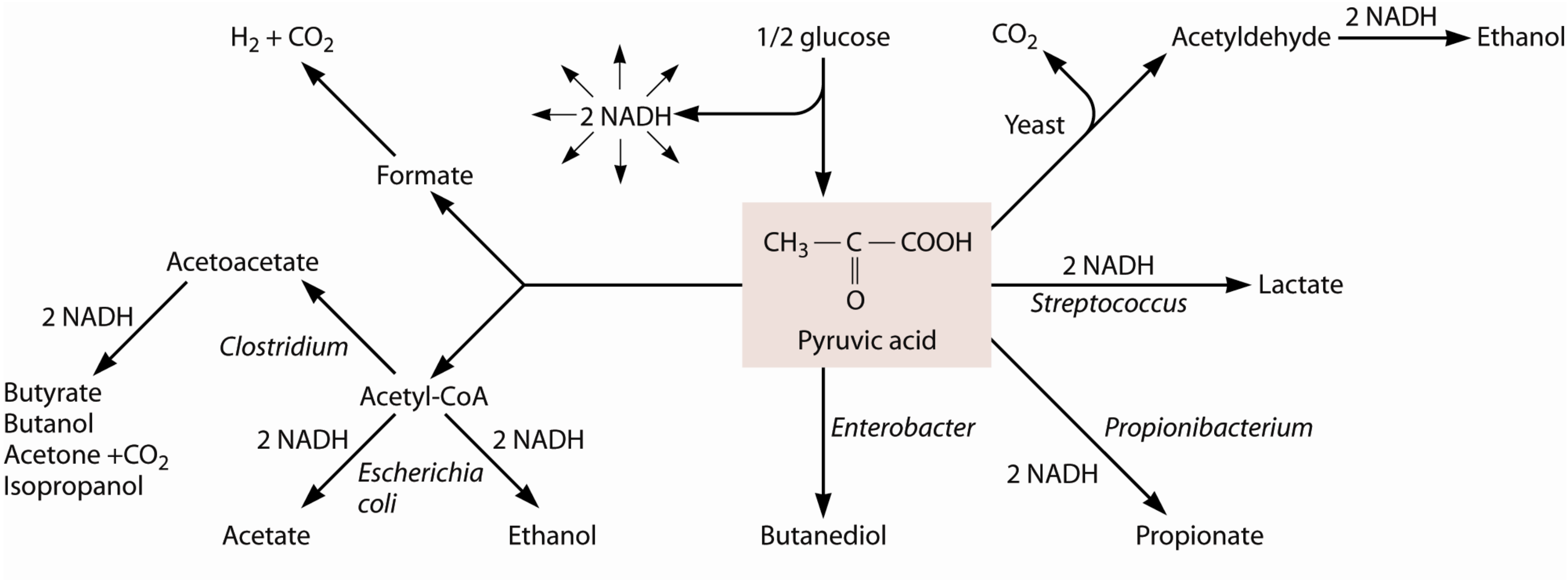


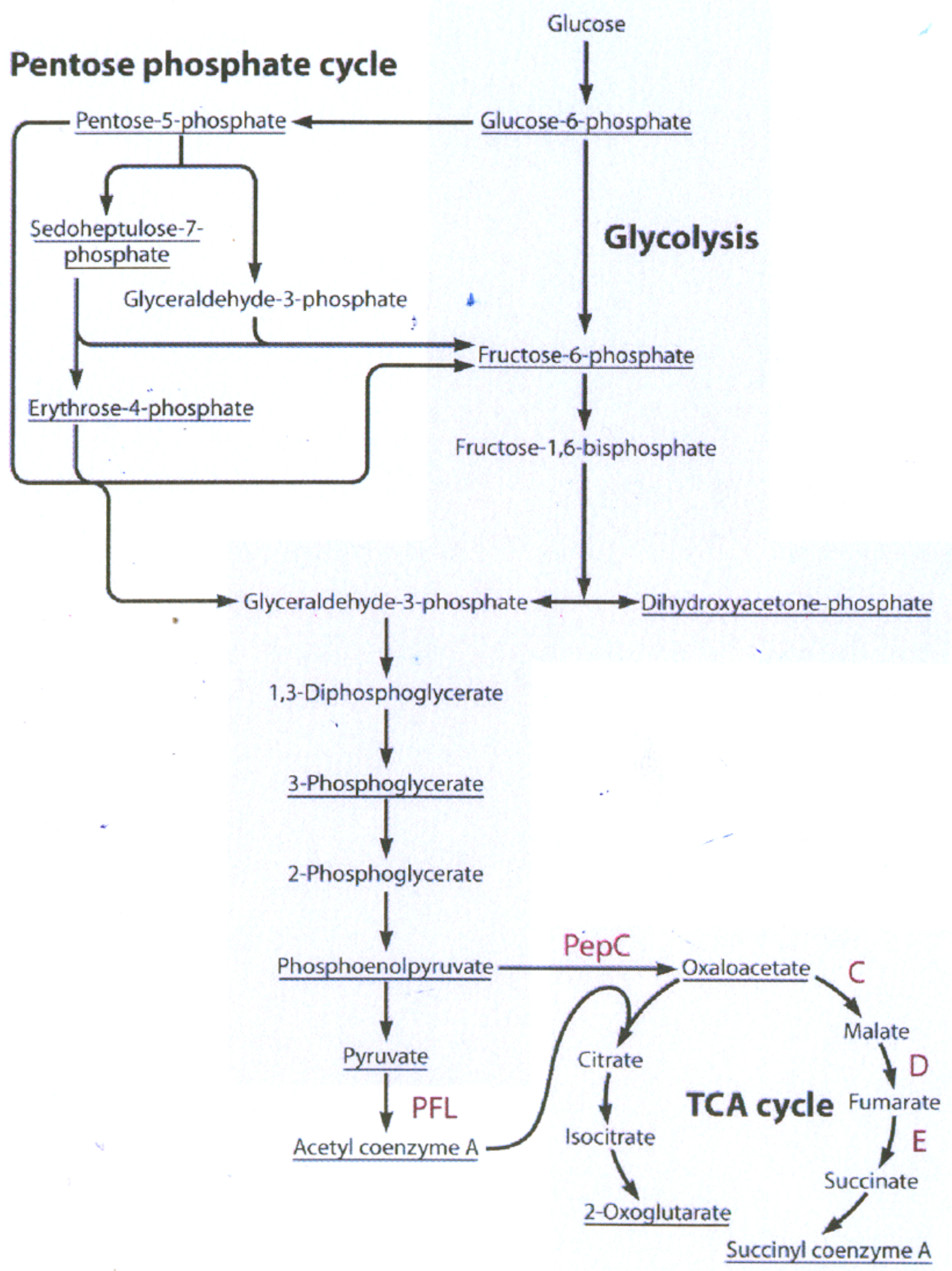
Reoxidação de coenzimas NADH/NAD^+

Fermentação



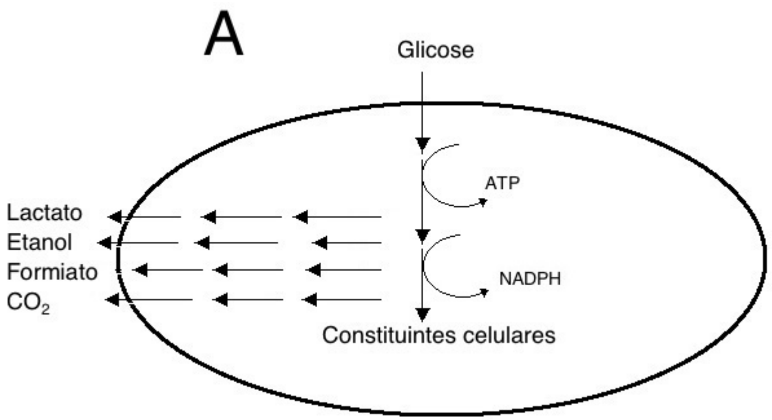
Fermentação



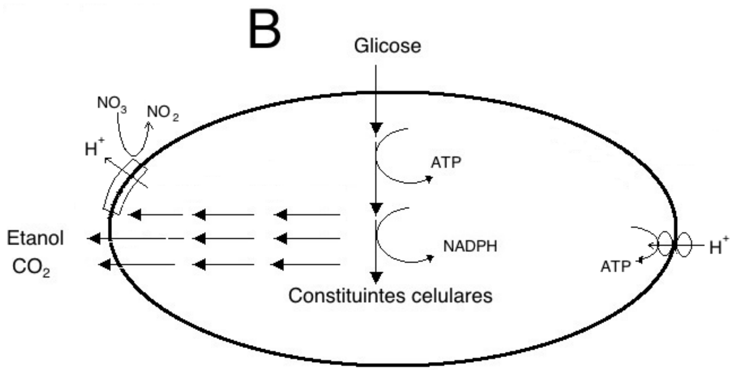


Formação de precursores durante a fermentação de glicose em *E. coli (principais reações anaplerotICas em vermelho)*

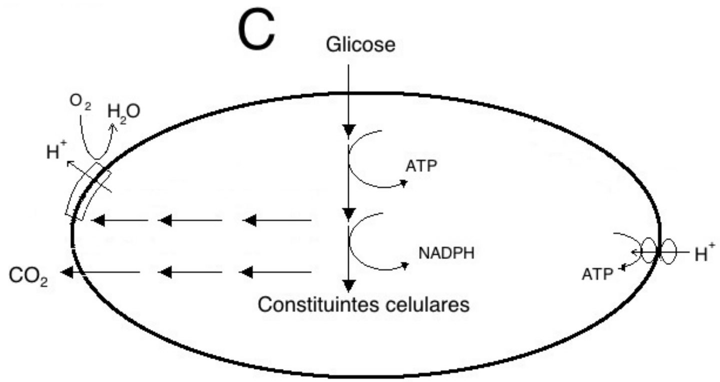
Heterotróficos



Sem O_2 FERMENTAÇÃO

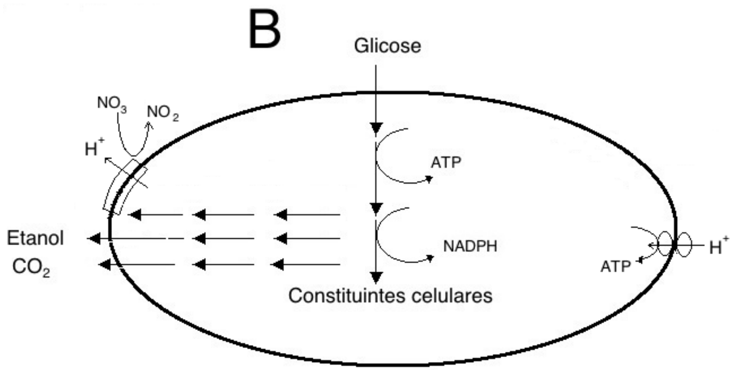


Sem O_2 com outro aceptor final de eletrons

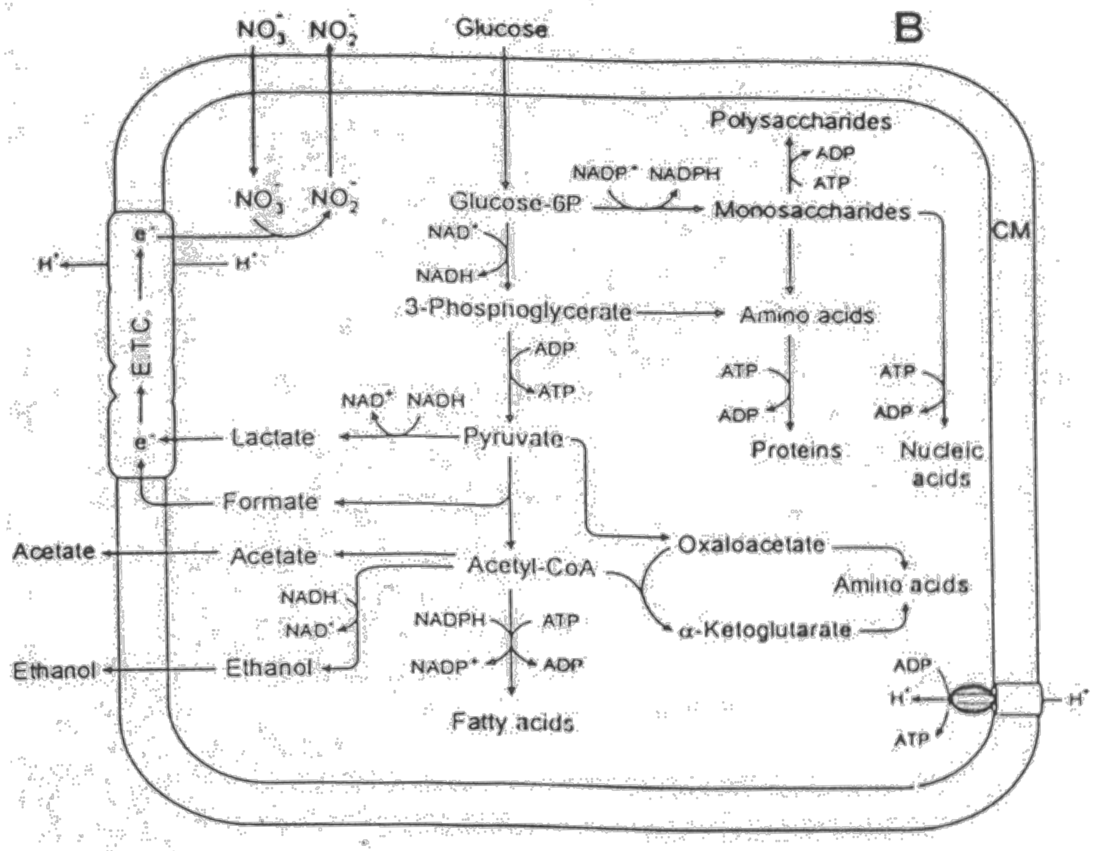


Com O_2

Heterotróficos

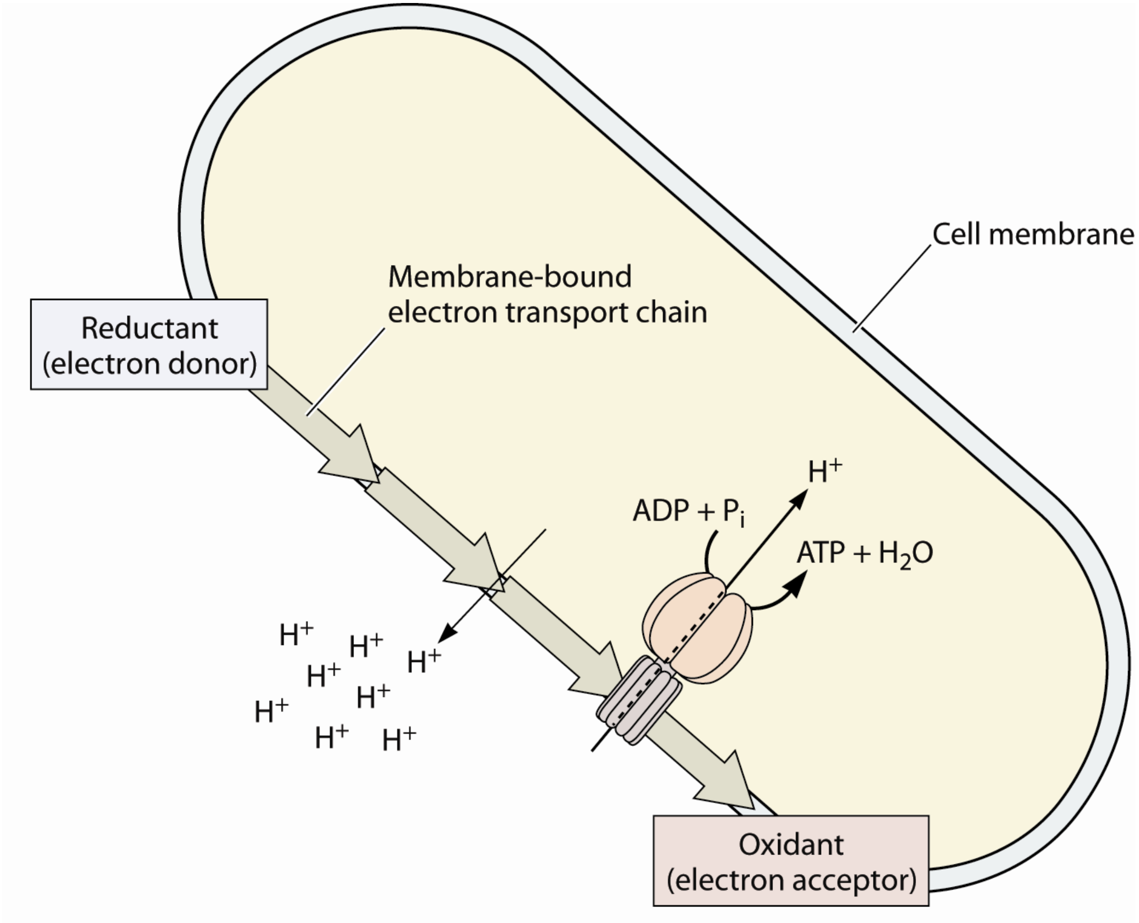


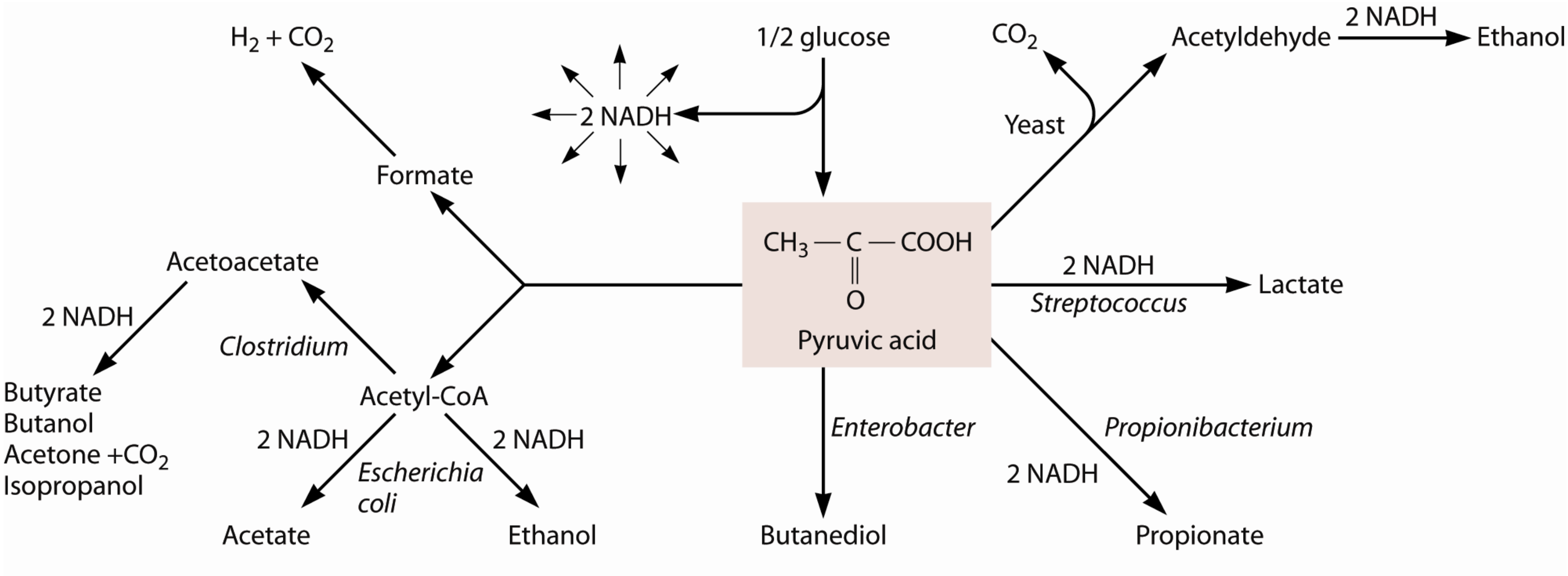
Sem O_2 com outro aceptor final de elétrons



RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

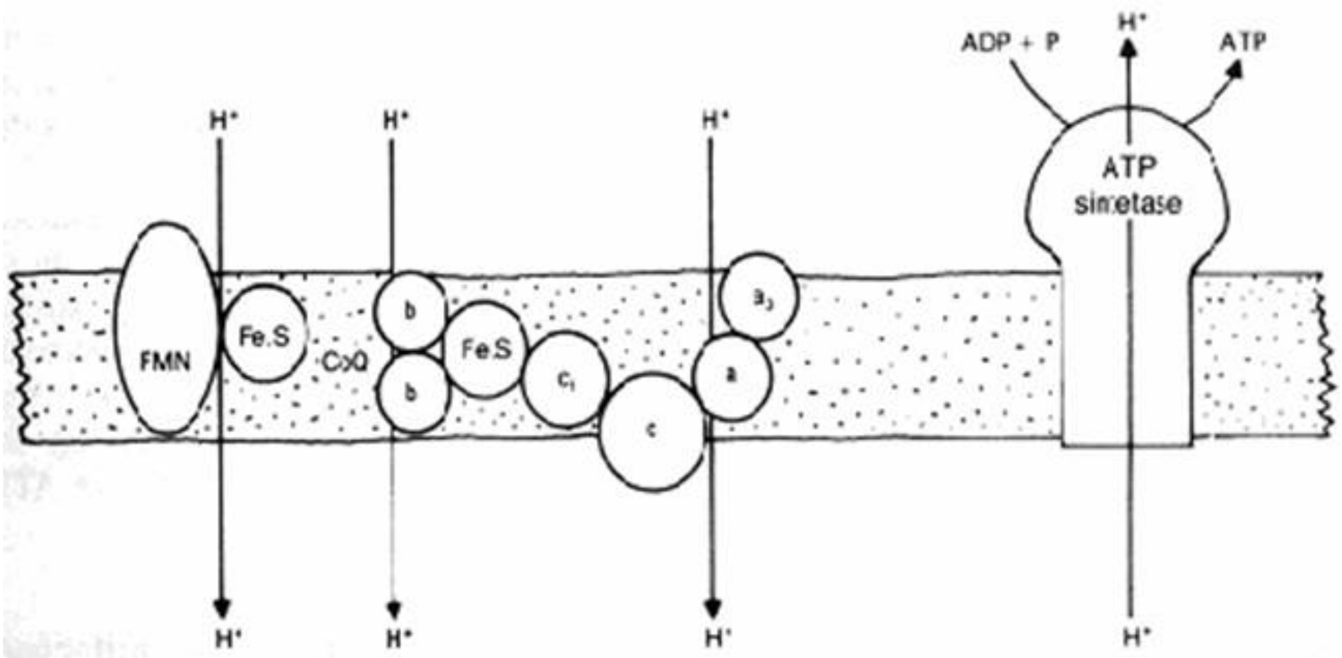
Cadeias de transporte de elétrons e fosforilação oxidativa



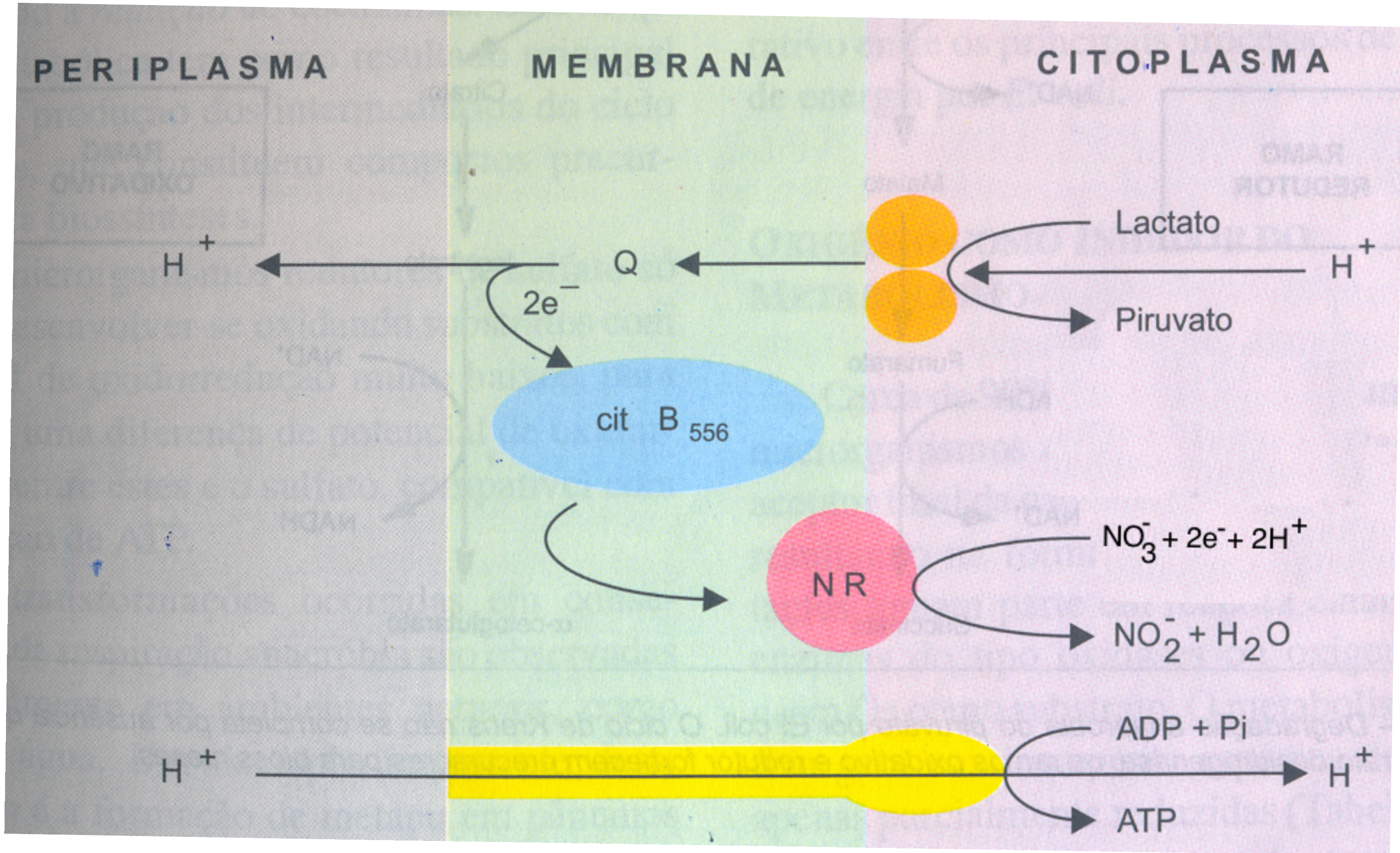


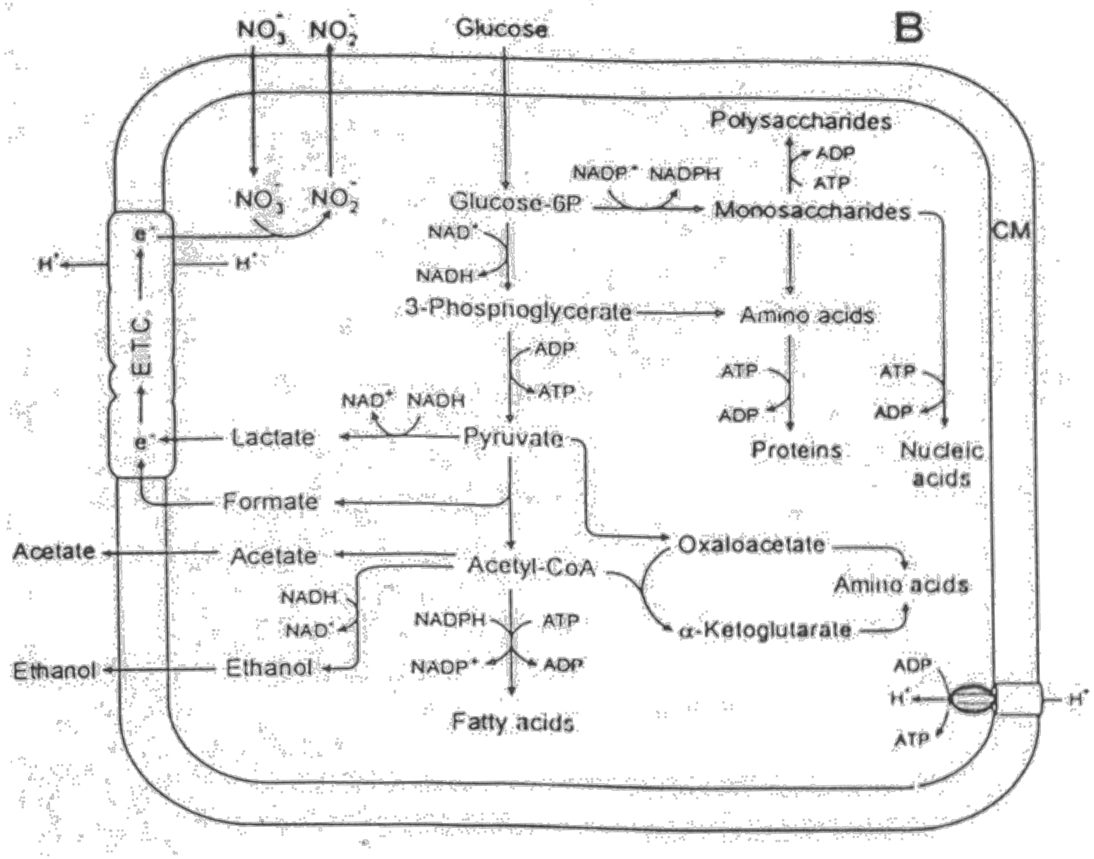
Produtos da fermentação não foram completamente oxidados
Podem gerar mais energia

CTE esquema geral



CTE em *E. coli* quando nitrato é o aceptor final de elétrons



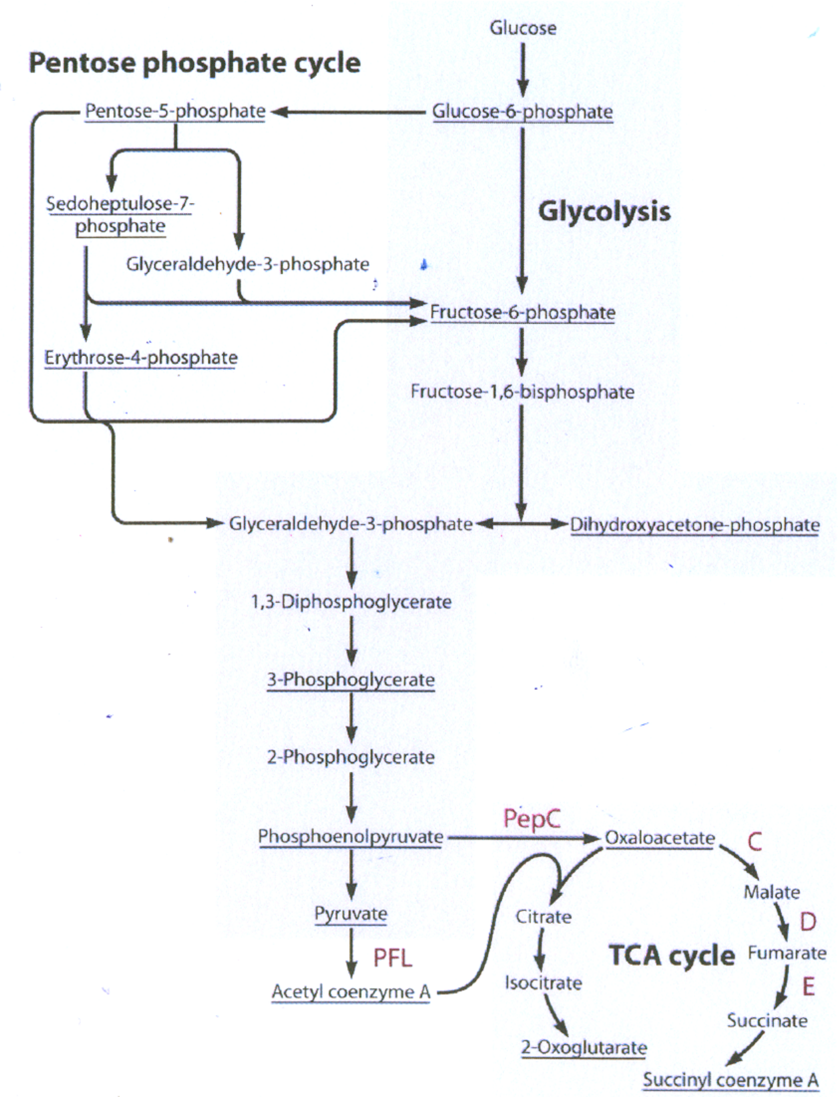


RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

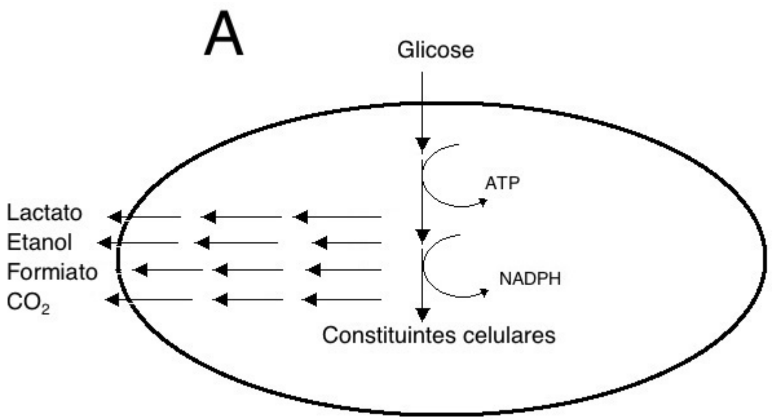
Table 6.3 Compounds that can serve as electron acceptors in anaerobic respiration, replacing oxygen

Organic compounds	Inorganic compounds
Fumarate	Nitrate (NO_3^-)
Dimethylsulfoxide (DMSO)	Nitrite (NO_2^-)
Trimethylamine *N*-oxide (TMAO)	Nitrous oxide (N_2O)
	Chlorate (ClO_3^-)
	Perchlorate (ClO_4^-)
	Manganic ion (Mn^{4+})
	Ferric ion (Fe^{3+})
	Gold (Au^{3+})
	Selenate (SeO_4^{2-})
	Arsenate (AsO_4^{3-})
	Sulfate (SO_4^{2-})
	Sulfur (S^0)

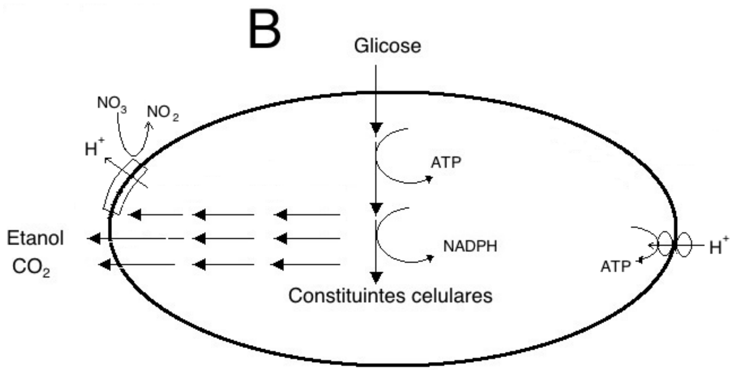
Obtenção de precursores na respiração anaeróbia



Heterotróficos

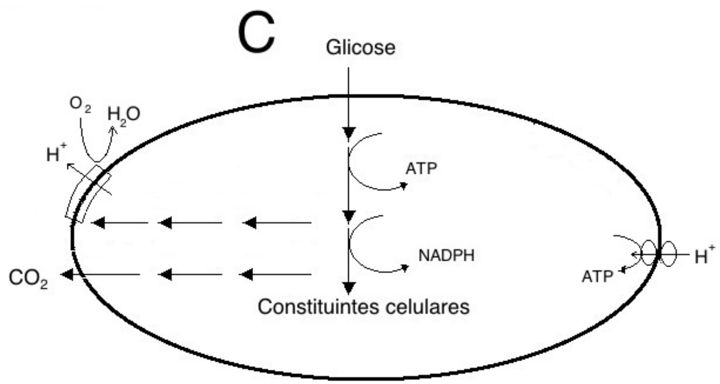


Sem O_2 FERMENTAÇÃO



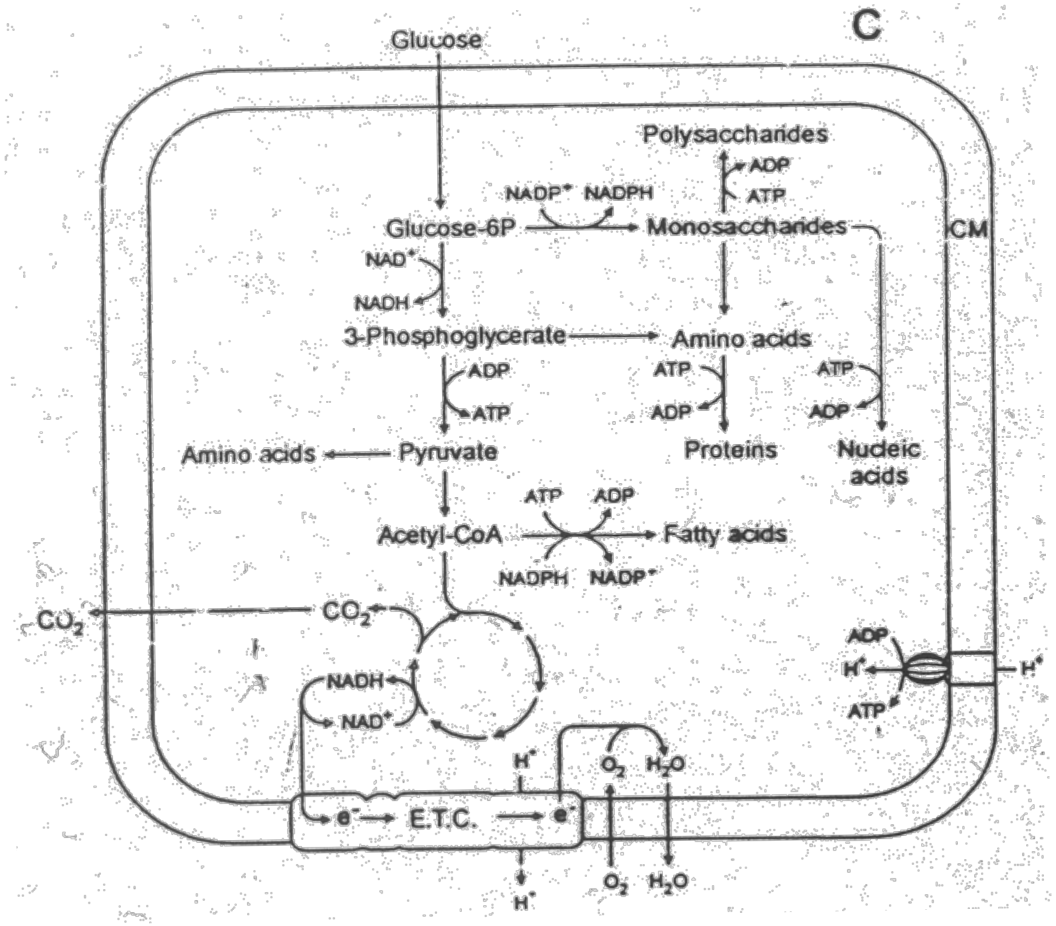
Sem O_2 com outro aceptor final de eletrons

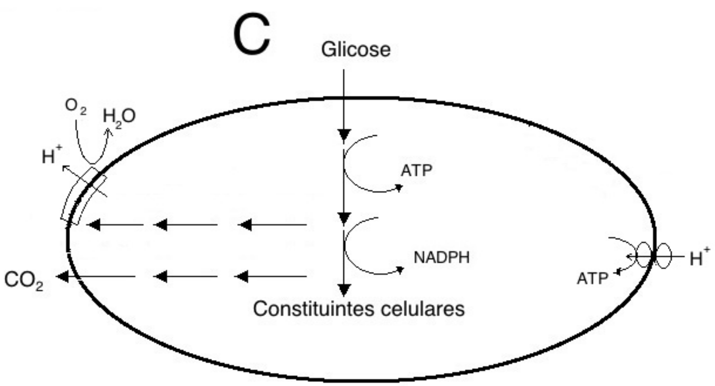
RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA



Com O_2

Heterotróficos





Com O_2

Cadeia de transporte de elétrons aeróbia

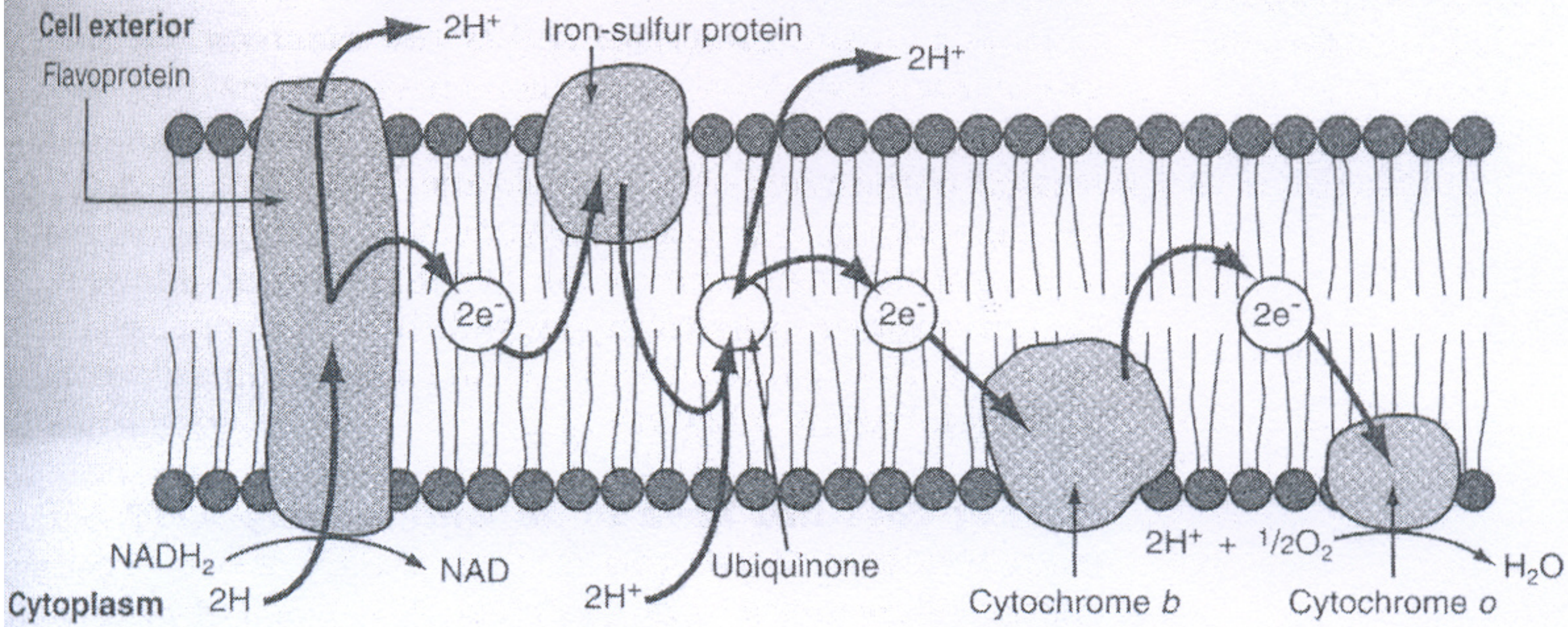


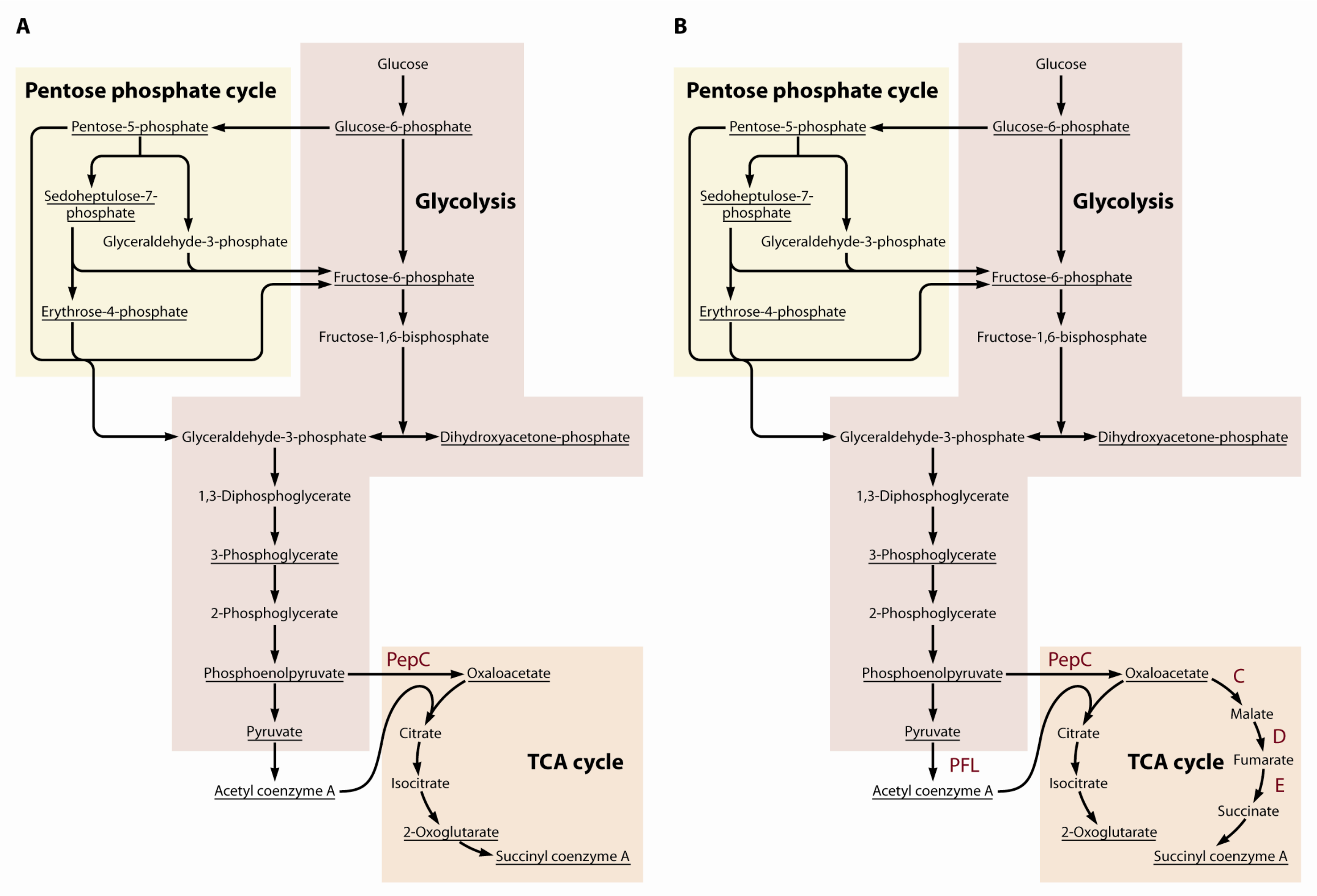
FIGURE 4.2 *The electron transport chain. Abbreviations: NAD, nicotinamide adenine dinucleotide;*

Quadro 8.2 Potenciais de óxido-redução padrão dos componentes da cadeia de transporte de elétrons

Par oxidado/reduzido	**E°' (volts)**
$NAD^+/NADH$	− 0,32
$FMN/FMNH_2$	− 0,30*
$FAD/FADH_2$	− 0,18**
$CoQ/CoQH_2$	+ 0,04
Citocromo b (Fe^{3+})/citocromo b (Fe^{2+})	+ 0,06
Citocromo c_1 (Fe^{3+})/citocromo c (Fe^{2+}	+ 0,23
Citocromo c (Fe^{3+})/citocromo c (Fe^{2+})	+ 0,25
Citocromo a (Fe^{3+})/citocromo a (Fe^{2+})	+ 0,29
Citocromo a_3 (Fe^{3+})/citocromo a_3 (Fe^{2+})	+ 0,55
O_2/H_2O	+ 0,82

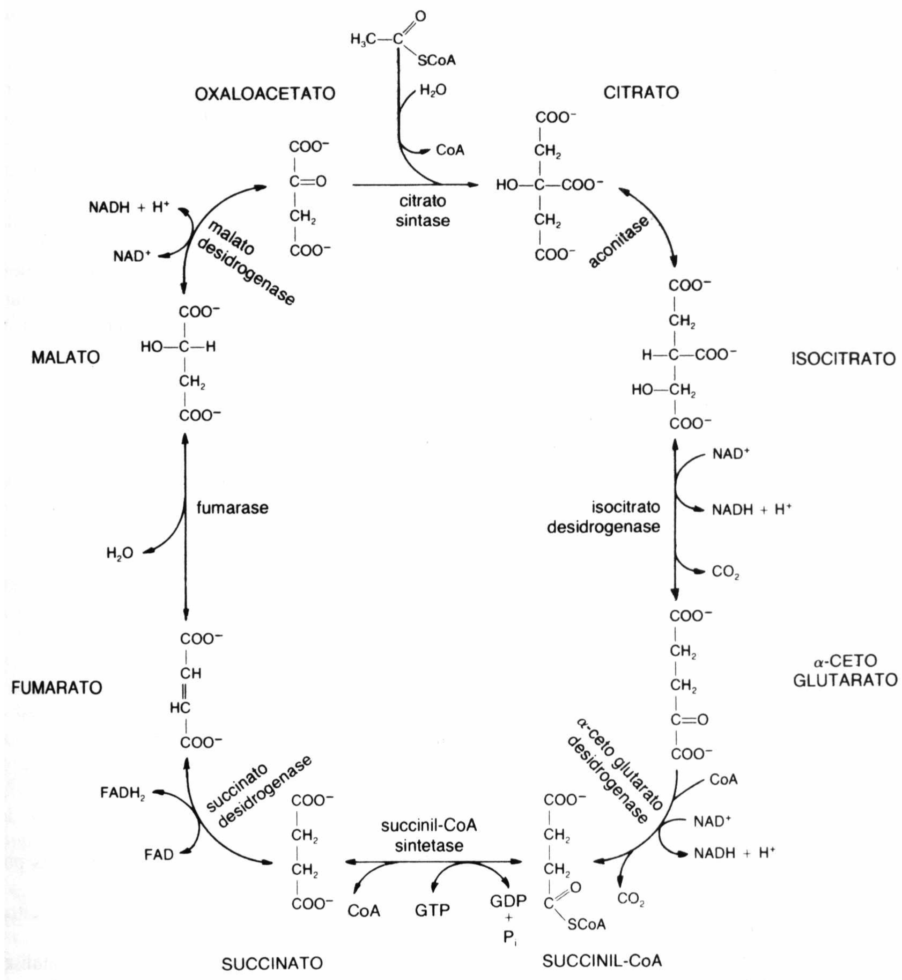
*O valor refere-se à coenzima ligada à NADH desidrogenase.
**O valor refere-se à coenzima livre; quando ligada a proteínas, seu valor varia entre 0,0 e +0,3, dependendo da proteína.

Precursores/Poder redutor/ATP

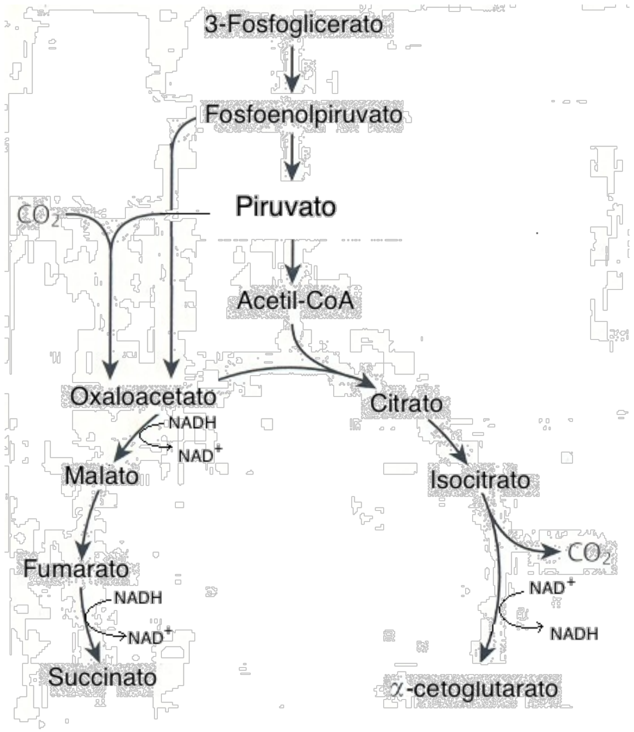


Aerobiose

Anaerobiose



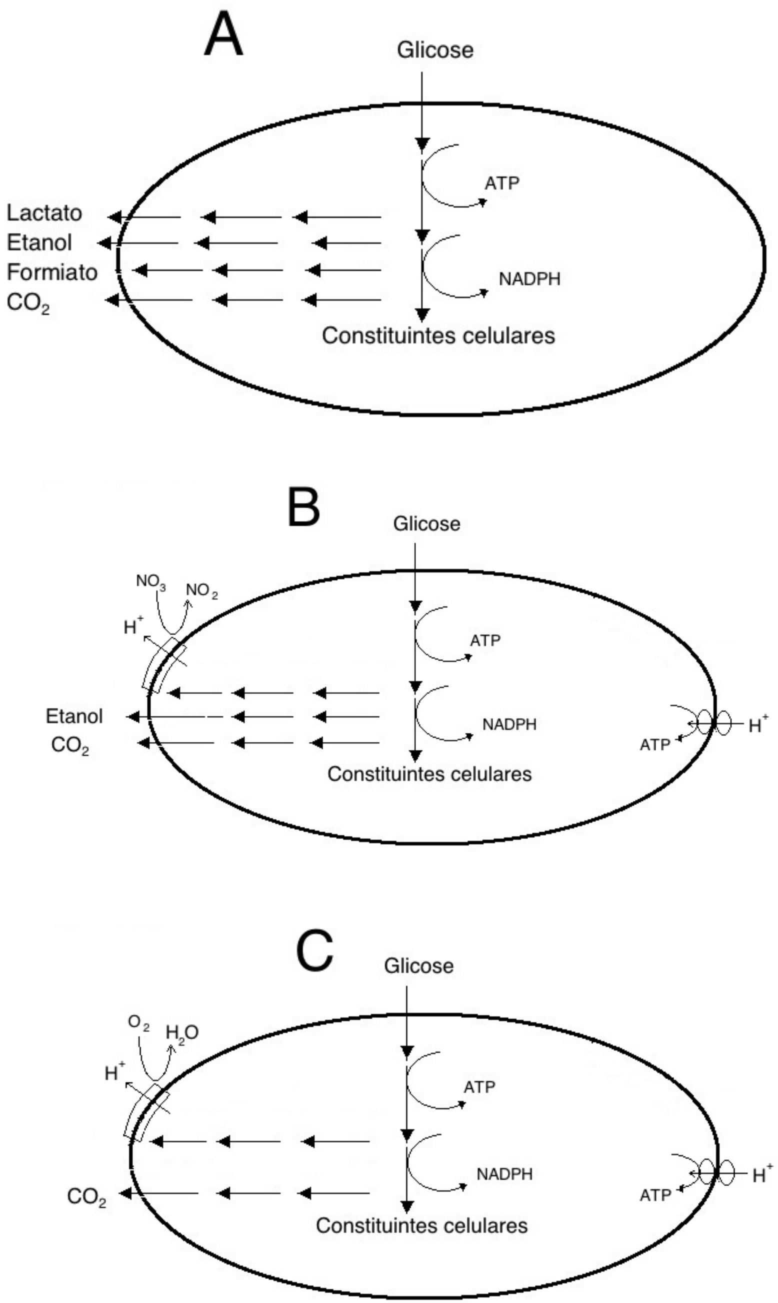
Ciclo de Krebs.



Alguns Pares Redox de Importância Biológica e seus Potenciais de Oxidorredução Padrão

Par Redox	*E°' (V)*
$2H^+/H_2$	– 0,41
NAD^+/NADH	– 0,32
S^o/HS^-	– 0,27
CO_2/CH_4	– 0,24
SO_4^{2} /HS^-	– 0,22
Piruvato/lactato	– 0,19
Fumarato/succinato	+ 0,03
Ubiquinona ox/red.	+ 0,11
Citocromo *aa3* ox/red	+ 0,39
NO_3^-/NO_2^-	+ 0,43
Fe^{3+}/Fe^{2+}	+ 0,77
O_2/H_2O	+ 0,82

Heterotróficos



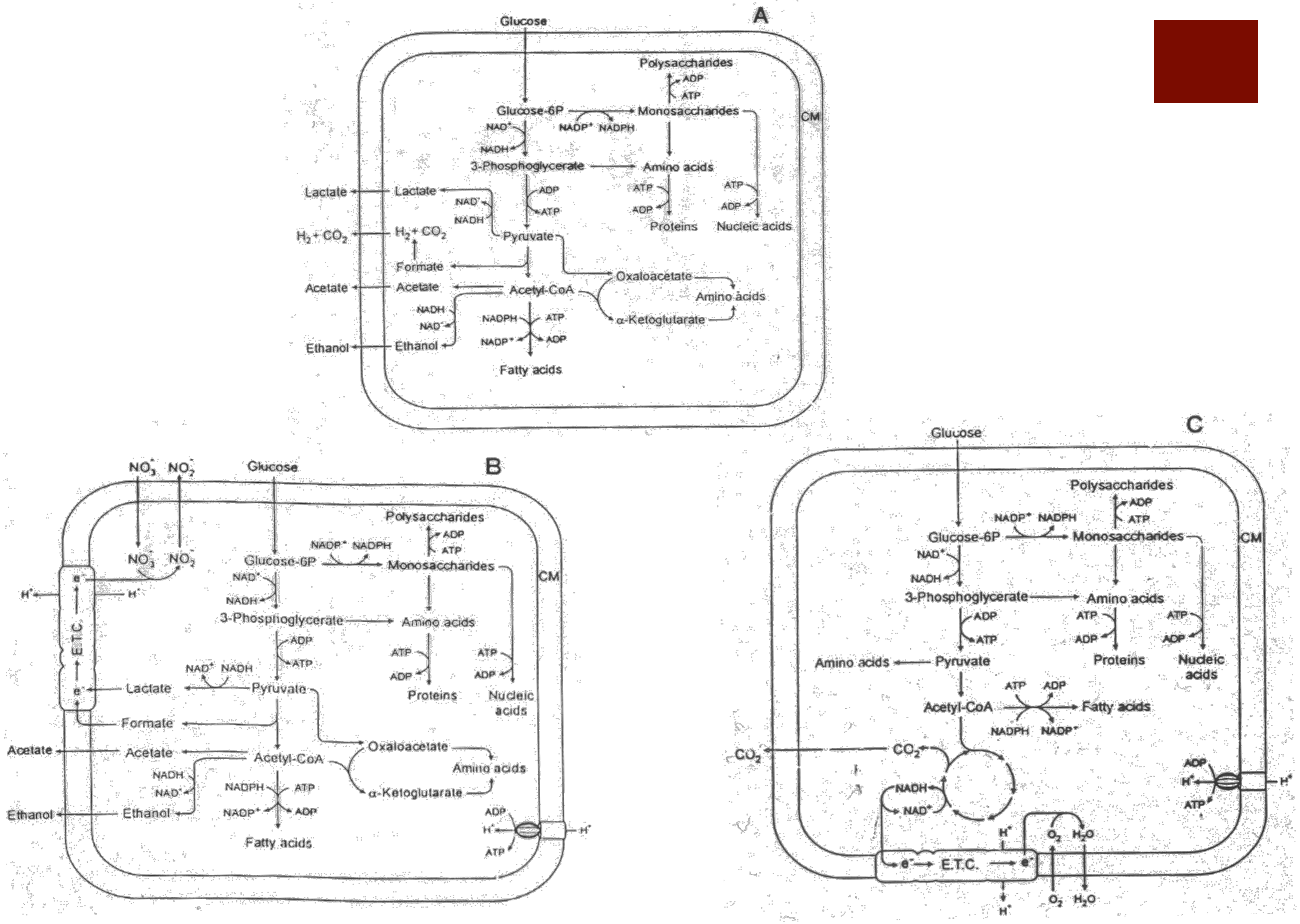
Sem O_2 FERMENTAÇÃO

Sem O_2 com outro aceptor final de eletrons

RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

Com O_2

RESPIRAÇÃO AERÓBIA



A
Glucose
Glucose-6P
Monosaccharides
Polysaccharides
ADP
ATP
NAD+
NADH
NADP+
NADPH
3-Phosphoglycerate
Amino acids
Proteins
Nucleic acids
CM
Lactate
$H_2 + CO_2$
Formate
Pyruvate
Acetate
Acetyl-CoA
Oxaloacetate
α-Ketoglutarate
Ethanol
Fatty acids
B
NO_3^-
NO_2^-
E.T.C.
e^-
H^+
C
CO_2
O_2
H_2O