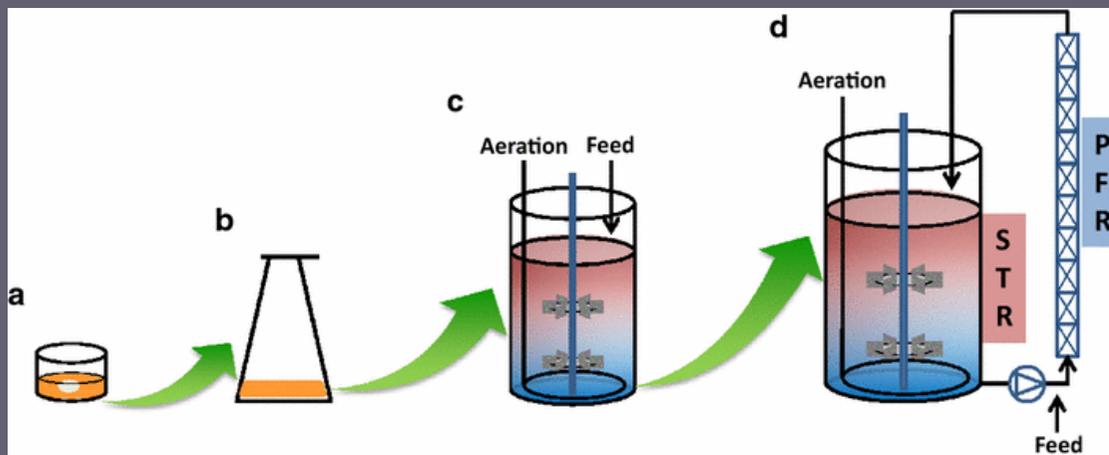


# Fisiologia bacteriana: a diversidade do metabolismo bacteriano



LUIZIANA FERREIRA DA SILVA  
LABORATÓRIO DE BIOPRODUTOS  
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA  
ICB-USP



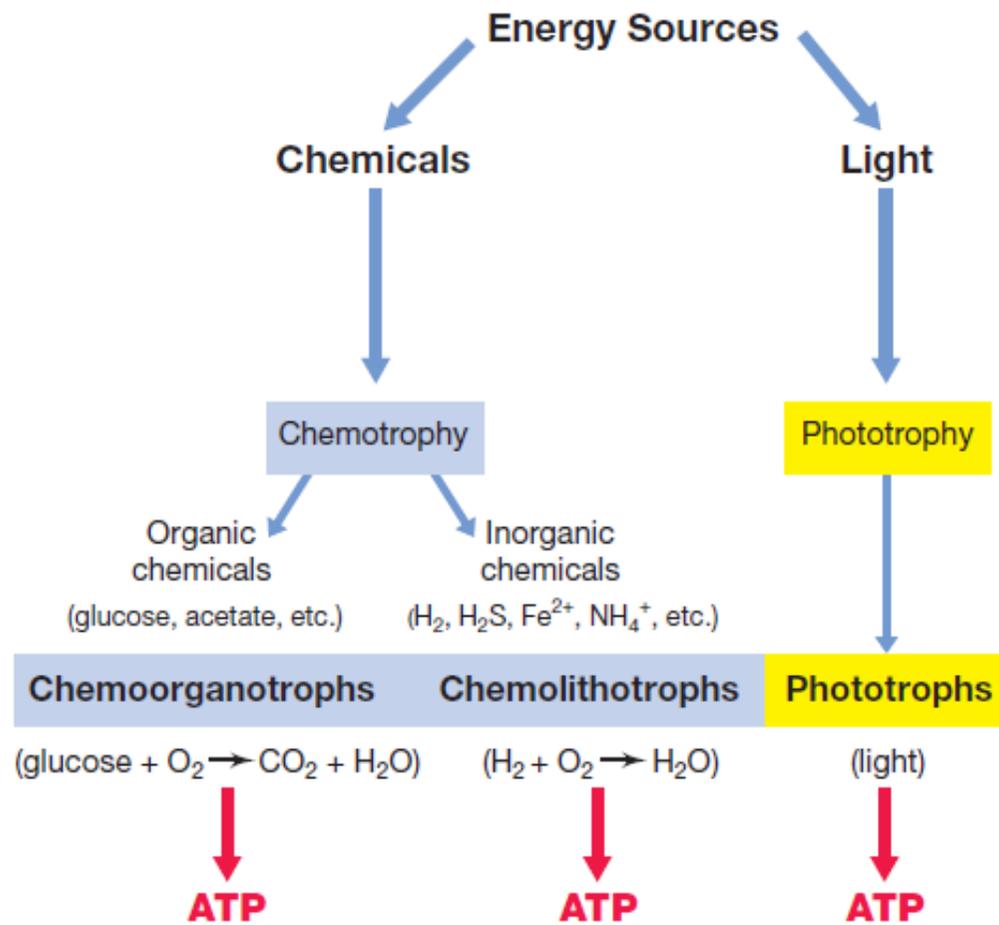
# Tópicos

2

- Diversidade bioenergética e tipos de metabolismo
- Etapas para gerar uma nova célula
- Diversidade metabólica
- Caracterização dos tipos de metabolismo
- Ocupação bacteriana de diferentes nichos

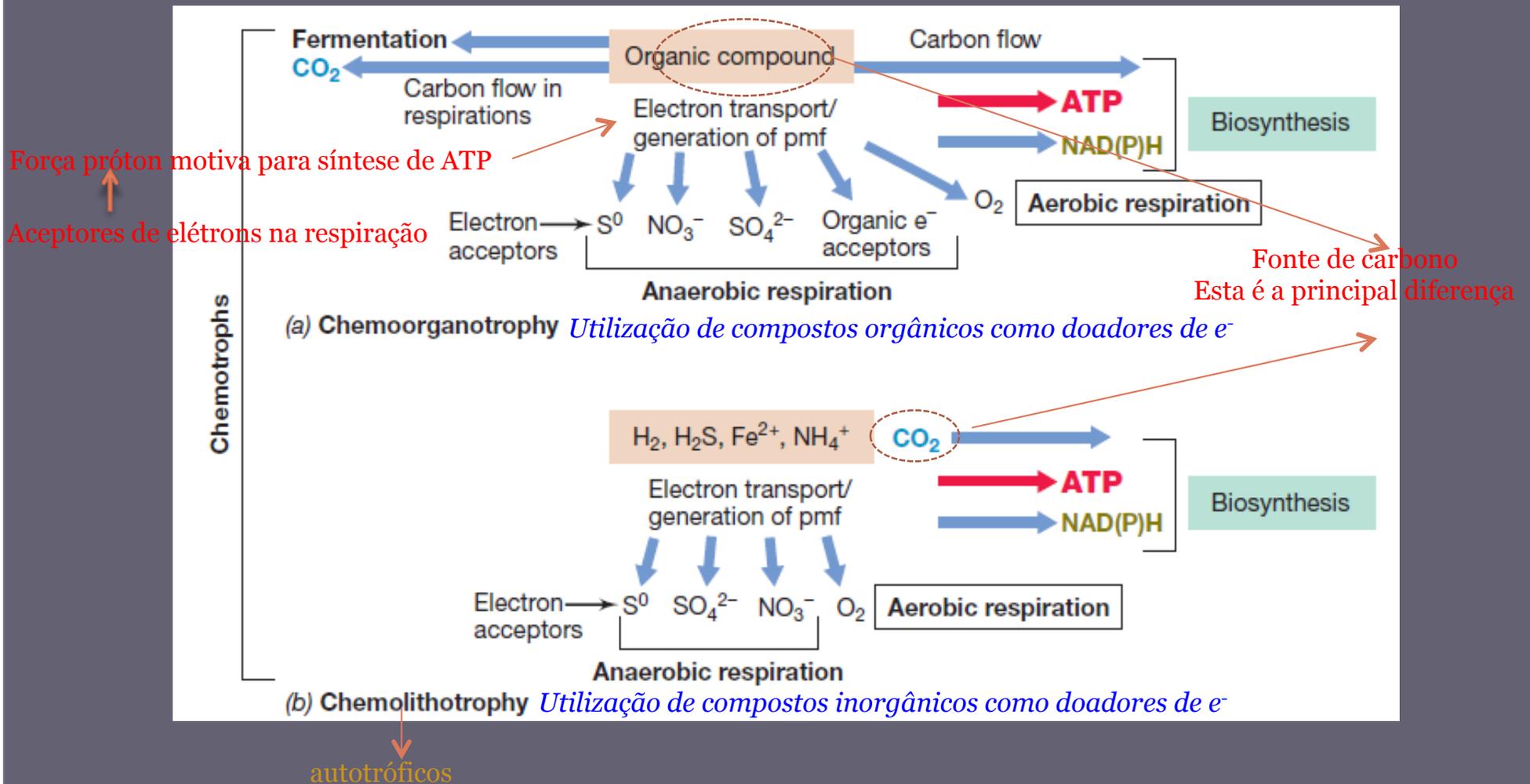
# Fontes de Energia

3



# Diversidade Catabólica

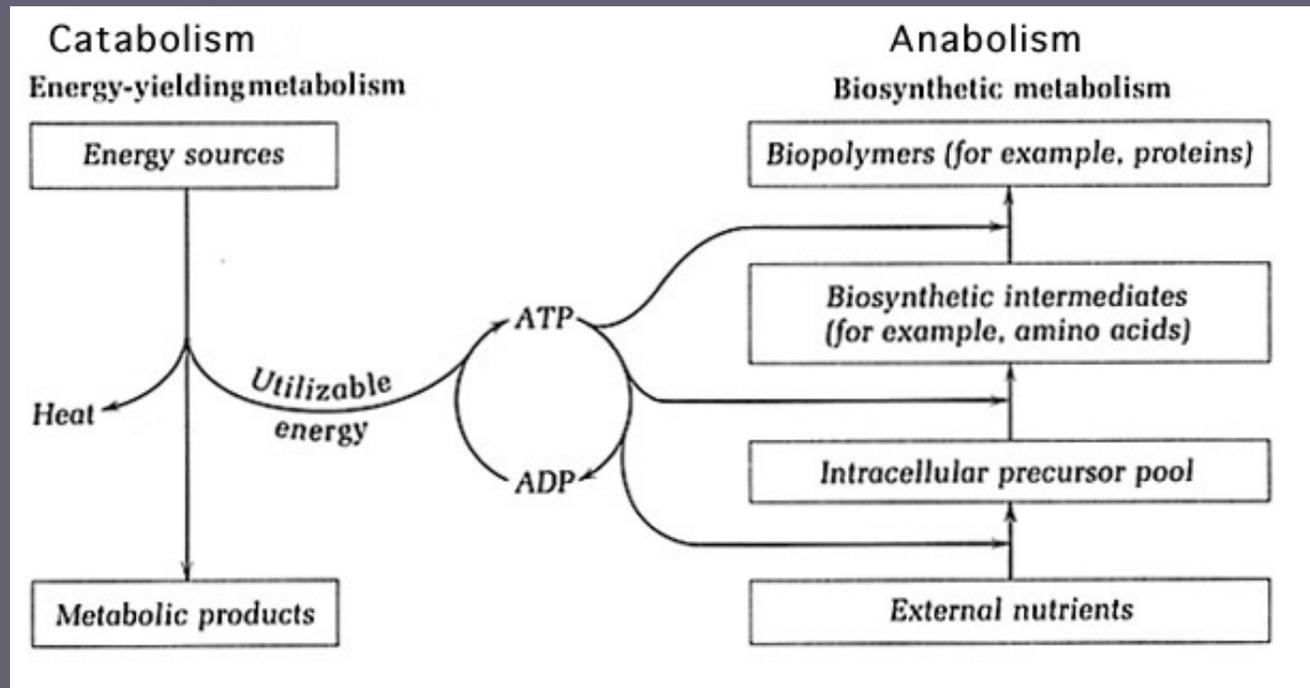
4



*Nem sempre a fonte de carbono é também a fonte de energia*

# Catabolismo e Anabolismo

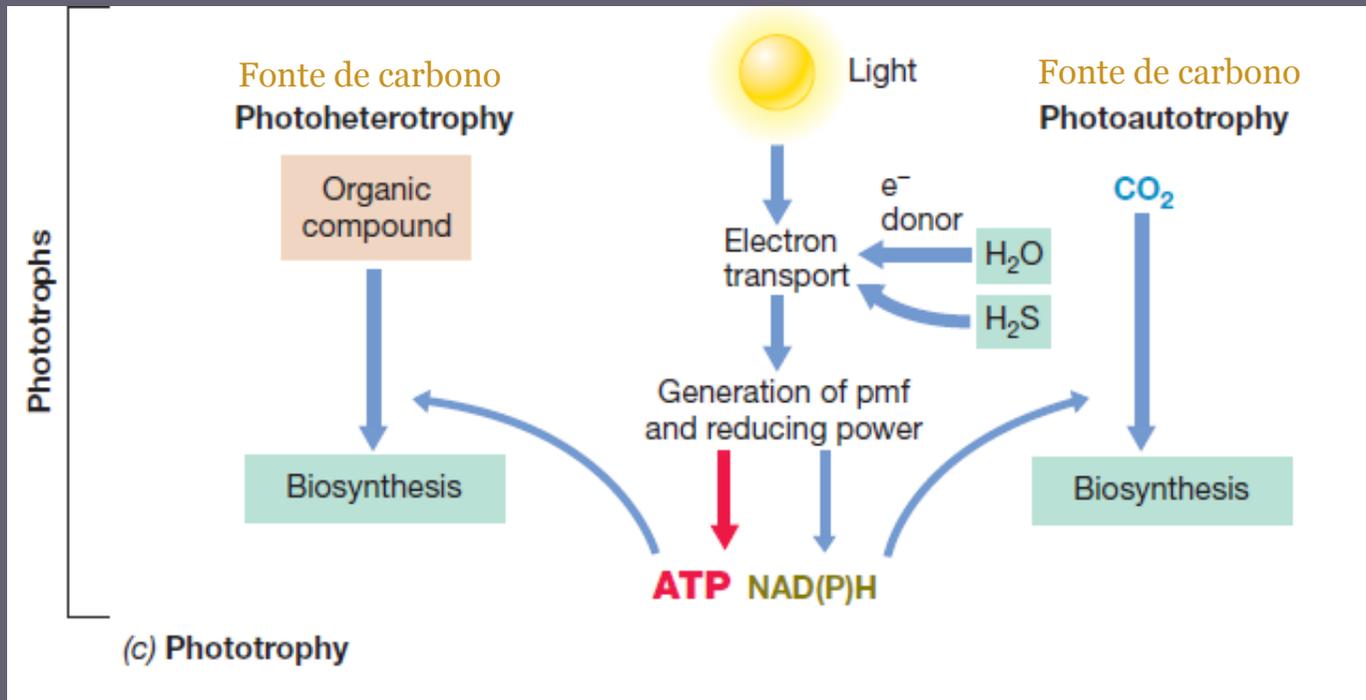
5



# Diversidade Catabólica

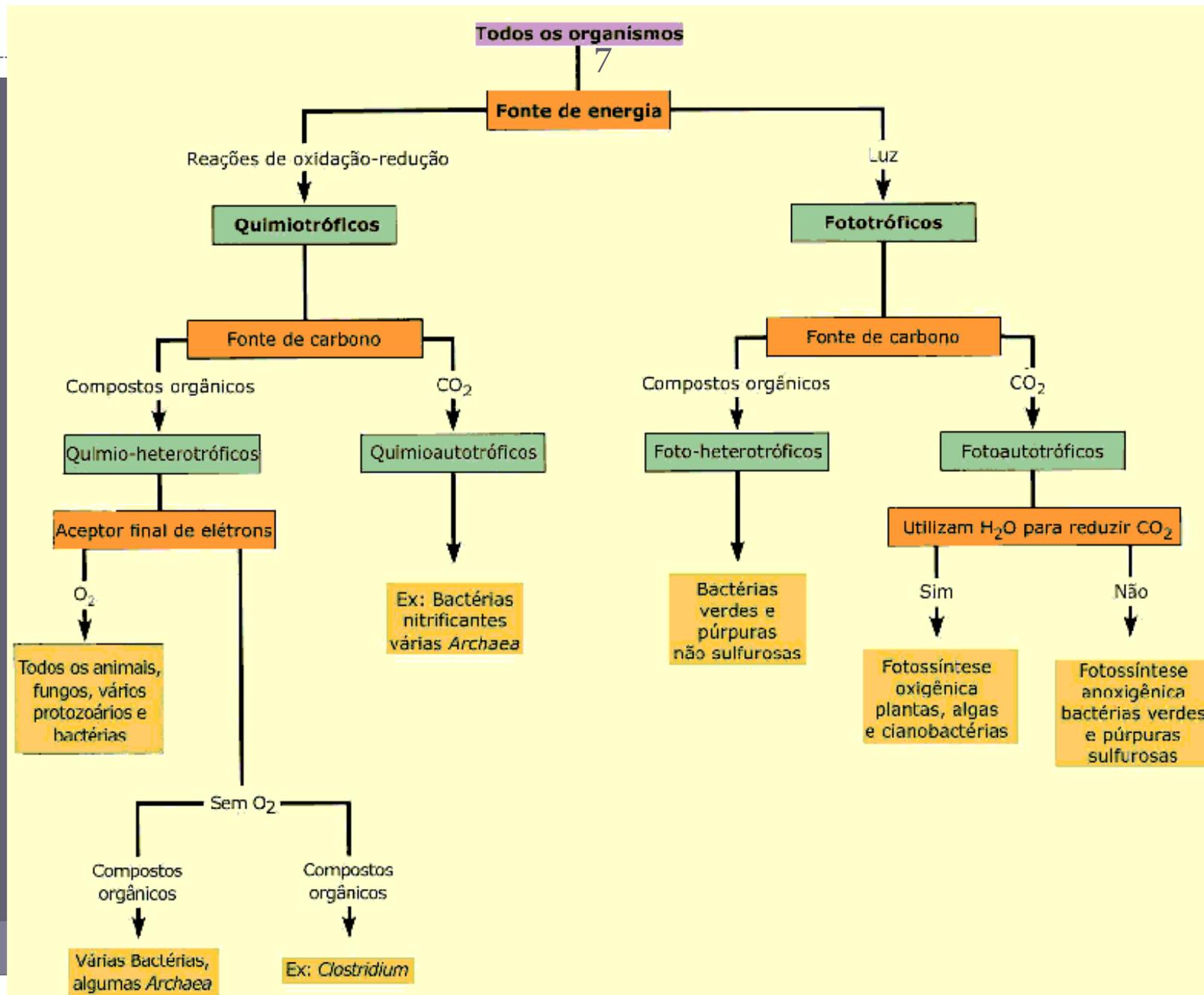
6

## Utilização da luz como fonte de energia



Fotossíntese oxigênica – Libera oxigênio como as cianobactérias  
Fotossíntese anoxigênica, processo simples encontrados em bactérias púrpuras e verdes, não há produção de O<sub>2</sub>

# Classificação dos seres vivos, de acordo com a utilização das fontes de energia e carbono



# Metabolismo

8

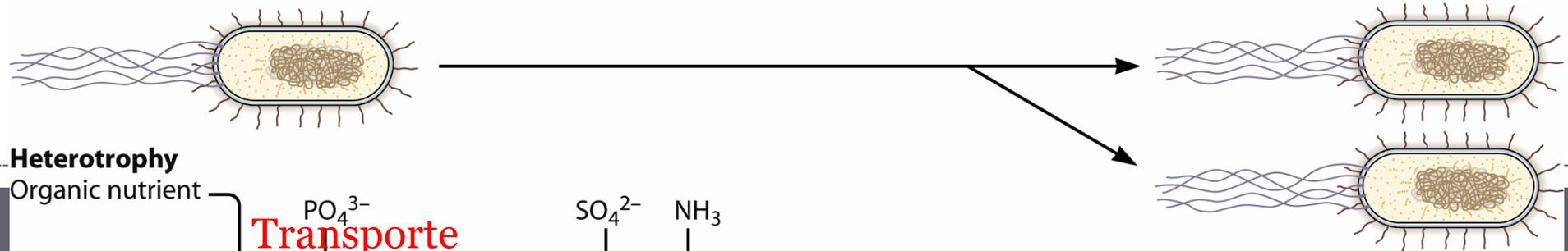
- Considerar:
- Ocupação microbiana em diferentes nichos
- Composição estrutural básica das bactérias é conservada
- Condições de oferta de substratos variam no meio ambiente, no alimento, no hospedeiro
- *Como elas conseguem ocupar esses diferentes nichos?*

# Metabolismo

9

- ☞ Como os nutrientes são metabolizados?
- ☞ Vias metabólicas: uma bactéria consegue crescer fazendo apenas a via glicolítica EMP?
- ☞ Como uma célula cresce e gera outra?
- ☞ Redes metabólicas

# Etapas para gerar uma nova célula



## Heterotrophy

Organic nutrient

## Autotrophy

CO<sub>2</sub> + inorganic energy source

CO<sub>2</sub> + light

## Transporte

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

NH<sub>3</sub>

Fueling

**Fueling products**

Biosynthesis

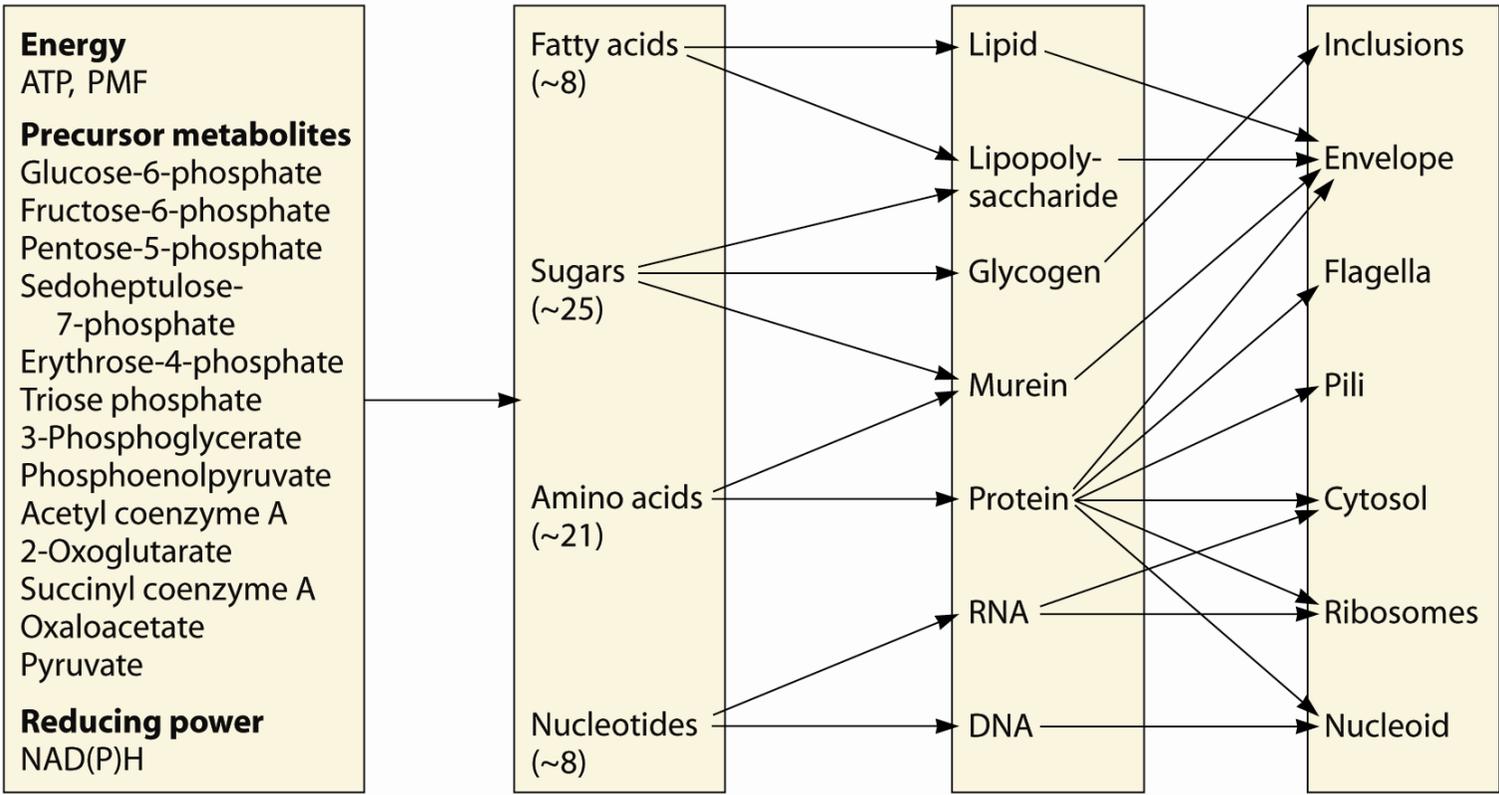
**Building blocks**

Polymerization

**Macromolecules**

Assembly

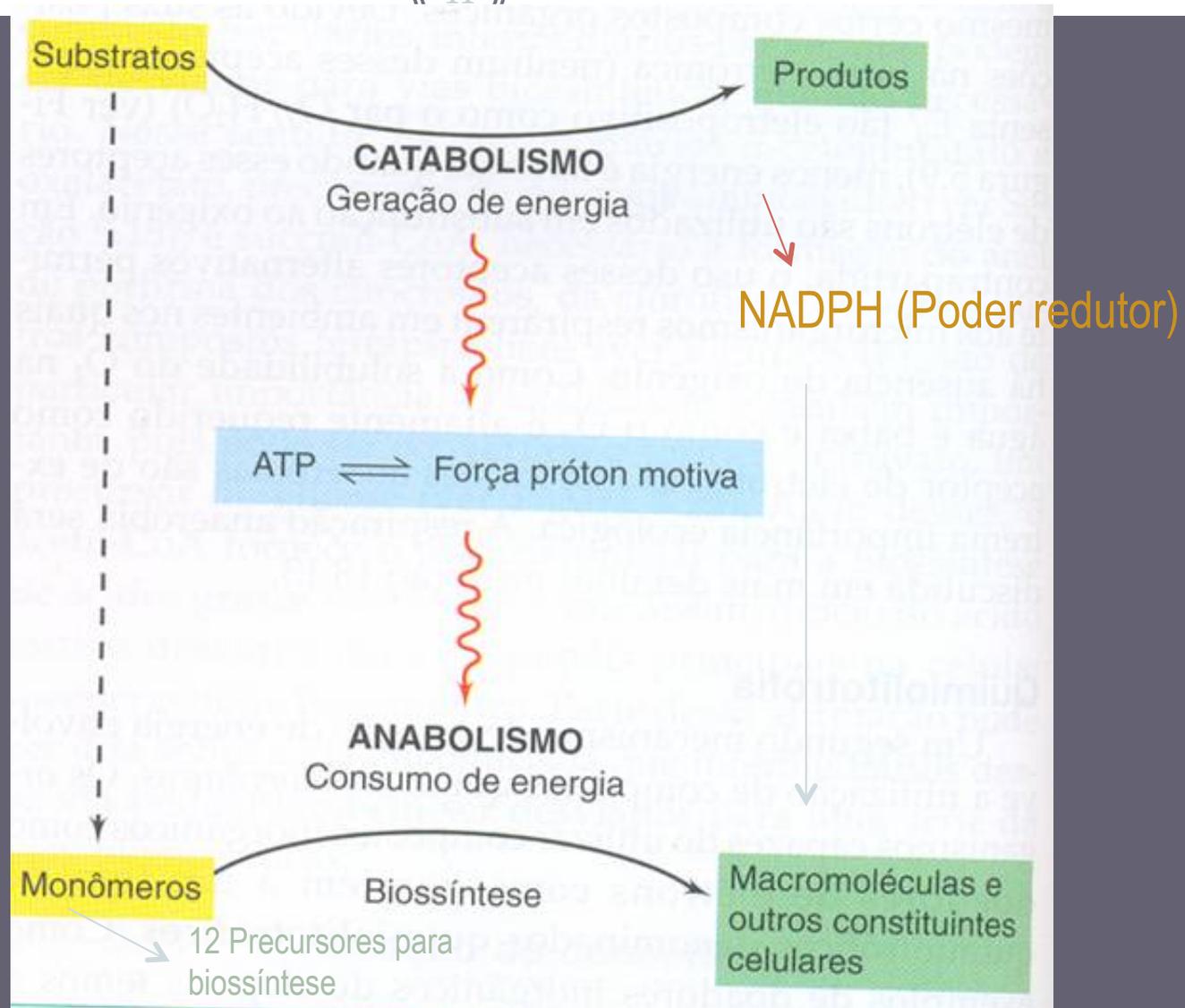
**Structures**



Se fizermos uma “desconstrução” da célula bacteriana, veremos que relativamente poucas coisas são necessárias para sua multiplicação

🐼 O que o catabolismo e o anabolismo fornecem?

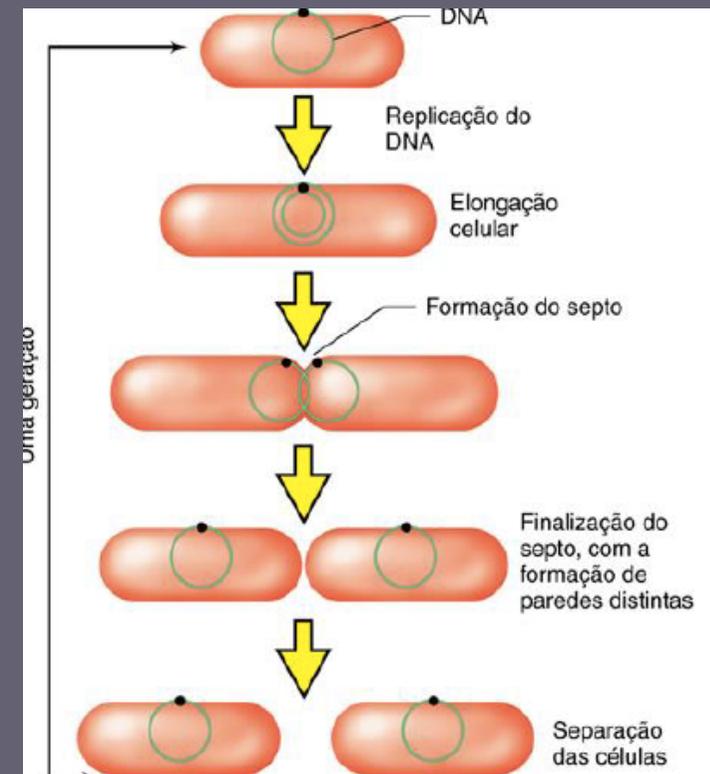
1. ATP
2. NADPH
3. precursores



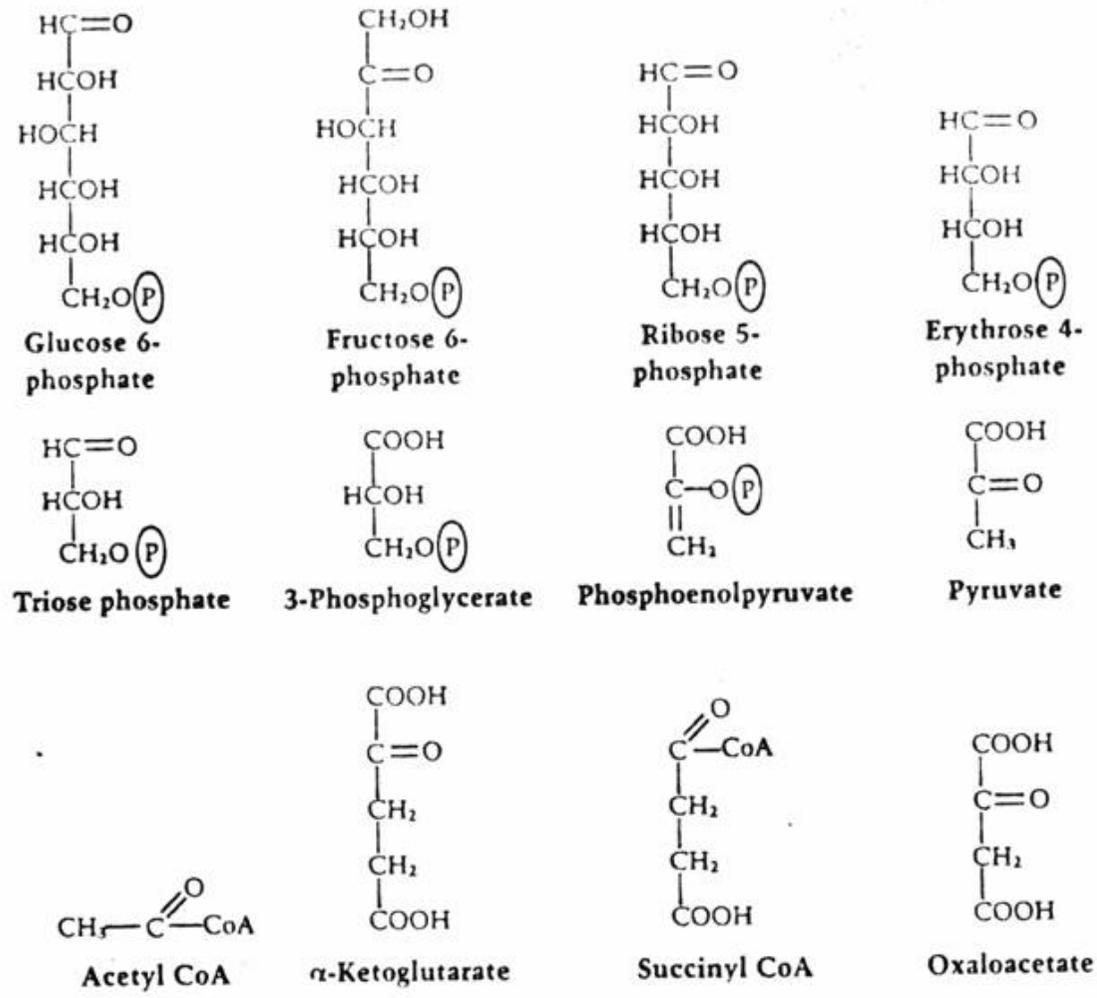
- Requisitos para o metabolismo celular
- de que a célula necessita para se multiplicar?

12

- precursores do metabolismo
- Poder redutor ( NADPH)
- Energia ( ATP)

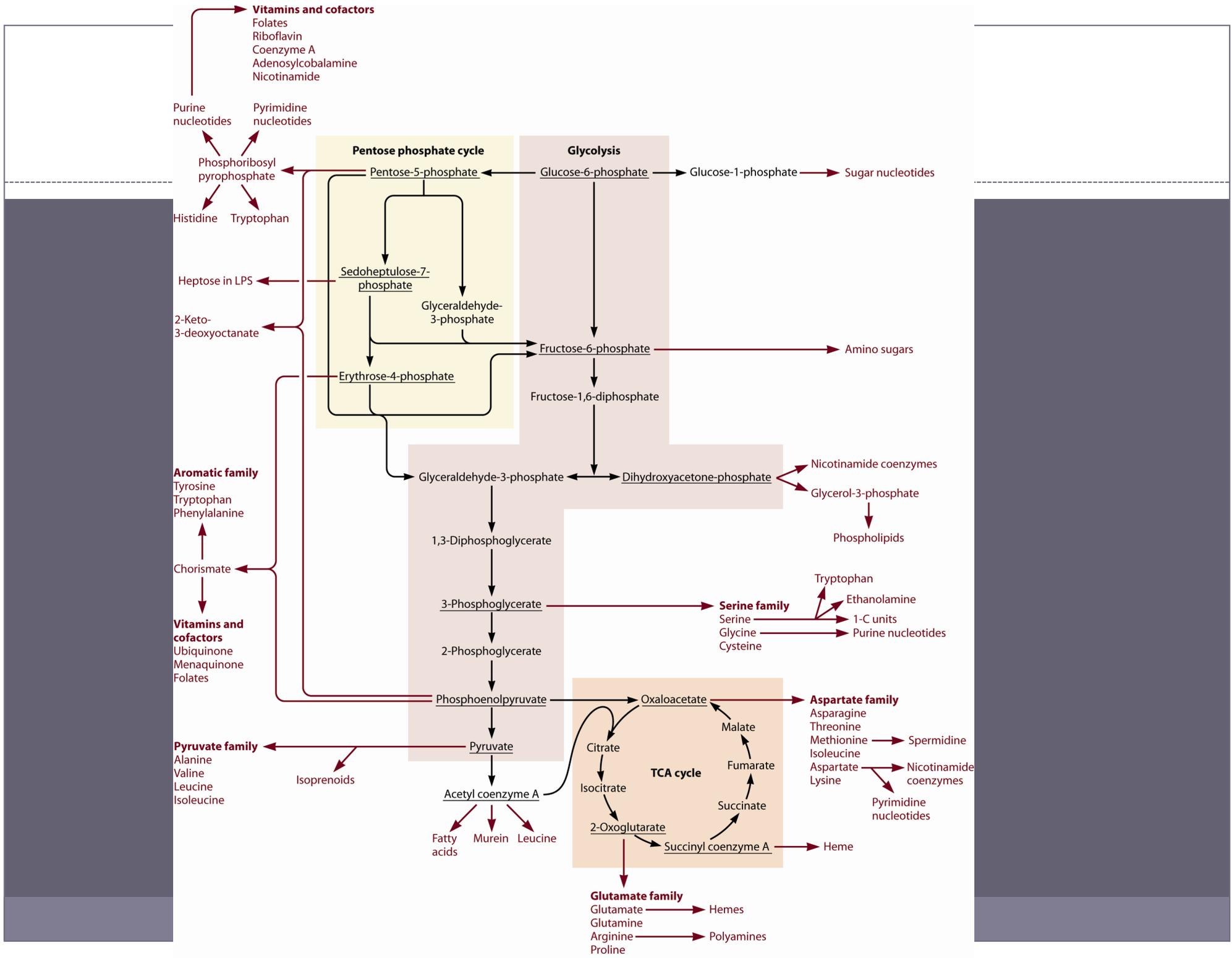


- Precursores essenciais

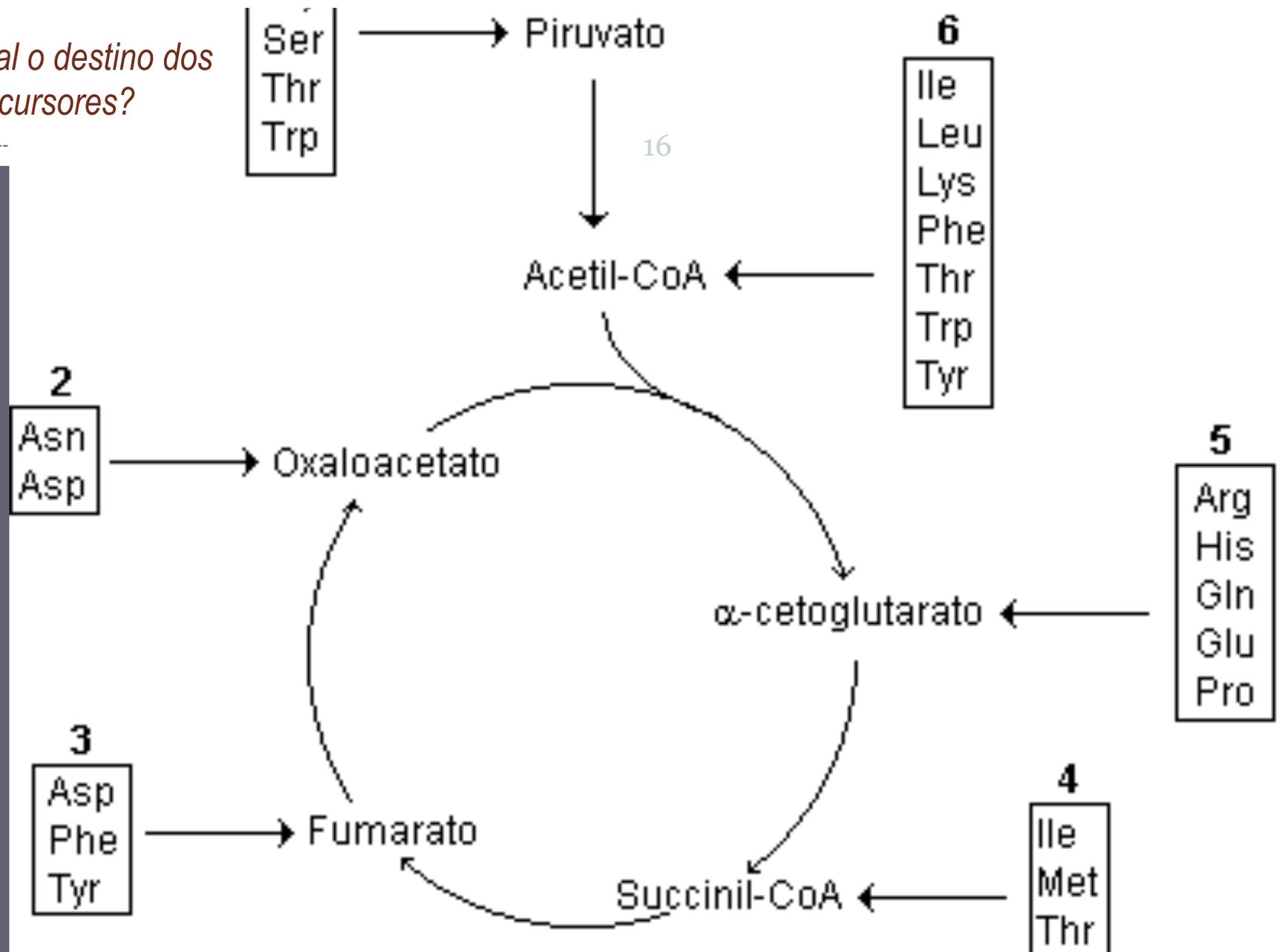


**Figure 1**  
Structures of the 12 precursor metabolites.

*Qual o destino dos  
precursores?*



Qual o destino dos precursores?



**Exercício:** responder às questões com base nos esquemas de metabolismo do Organizador Avançado

17



Os próximos slides mostram os

Esquemas A, B, C, D, E, F

Cada diagrama representa uma célula bacteriana, em que uma rede de vias metabólicas membrana citoplasmática (MC).



No meio externo são apresentadas substâncias que entram e outras que saem do interior celular

Analise cada esquema e responda as questões logo a seguir.

## Organizador Avançado

**Problema:** Devido à sua grande versatilidade, bactérias podem obter compostos essenciais à sua sobrevivência e reprodução (ATP, NADPH e fonte de carbono) de muitas formas diferentes (indicadas nos esquemas A-F). Assim, elas são capazes de viver em uma grande variedade de ambientes diferentes.

1. Analise os padrões metabólicos encontrados em bactérias e esquematizados em A-F e responda as quatro questões a seguir para cada esquema.

1.1. Para sintetizar ATP a partir de ADP + Pi

- a) Qual dos compostos presentes no meio são utilizados?
- b) Quais produtos finais são liberados no meio?
- c) Existe uma cadeia transportadora de elétrons?
- d) Caso afirmativo, quais compostos podem ser doadores de elétrons e quais são os aceptores finais de elétrons?

- 1.3. Qual é a fonte primária de carbono para a biossíntese de proteínas, lipídios, polissacarídeos e ácidos nucleicos?
- 1.4. ATP e NADPH são utilizados com que propósito
- 1.5. Além de fonte de carbono, quais nutrientes deveriam ser adicionados ao meio externo dos esquemas para produzir
- a) aminoácidos
  - b) ácidos graxos
  - c) nucleotídeos
  - d) açúcares

## Relacionar os esquemas A, B, C, D, E com as classificações



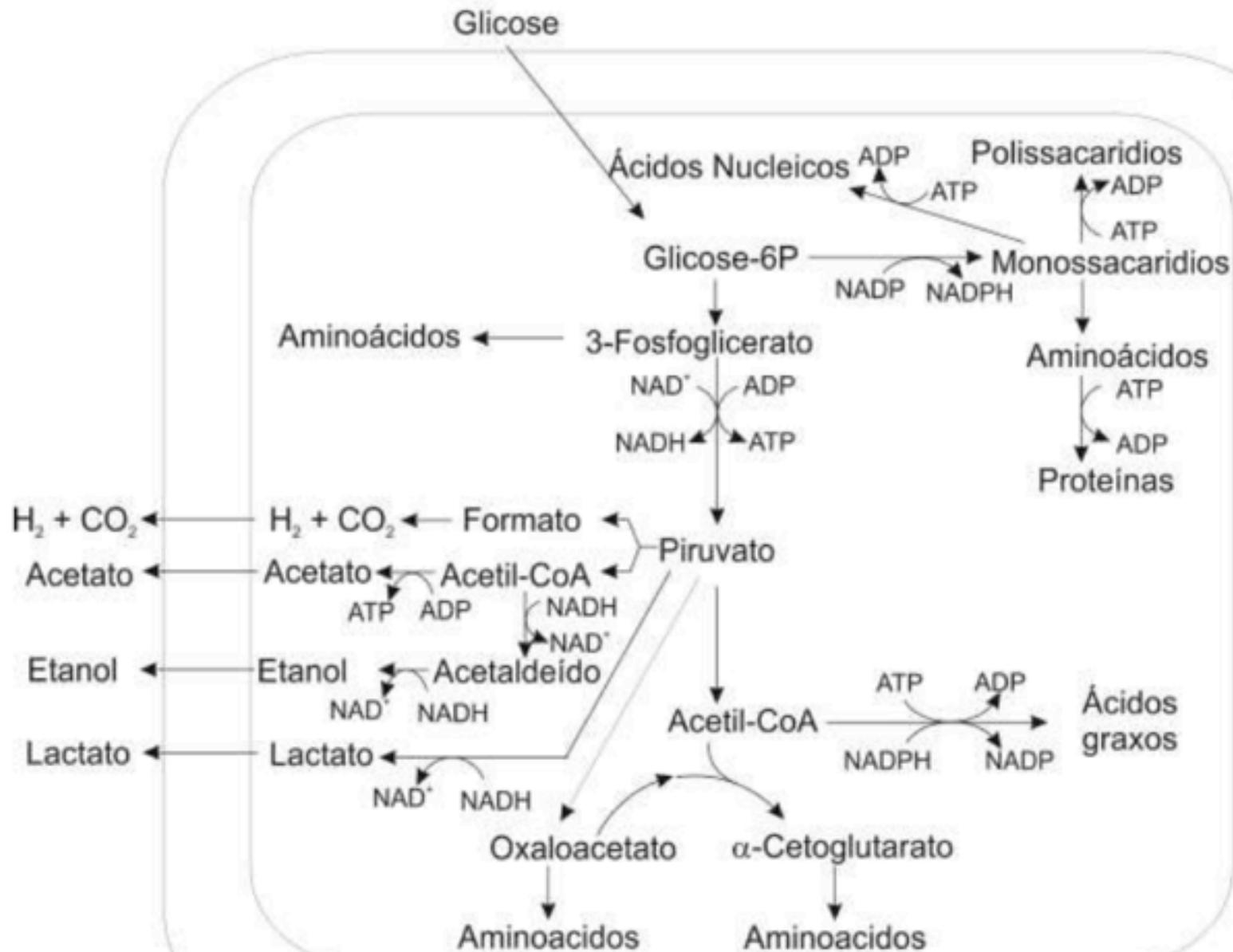
<b>Tipo metabólico</b>	<b>Esquema</b>
<b>Fototrófico<sup>***</sup> anaeróbio</b>	
<b>Quimiotrófico, litotrófico, aeróbio</b>	
<b>Quimiotrófico, organotrófico, aeróbio</b>	
<b>Quimiotrófico, organotrófico (fermentação), anaeróbio</b>	
<b>Quimiotrófico, organotrófico (respiração), anaeróbio,</b>	

\*\*\*- Foto e quimiotrófico- fontes de energia luminosa e química, respectivamente  
Lito e organotrófico – substrato oxidável inorgânico e orgânico, respectivamente

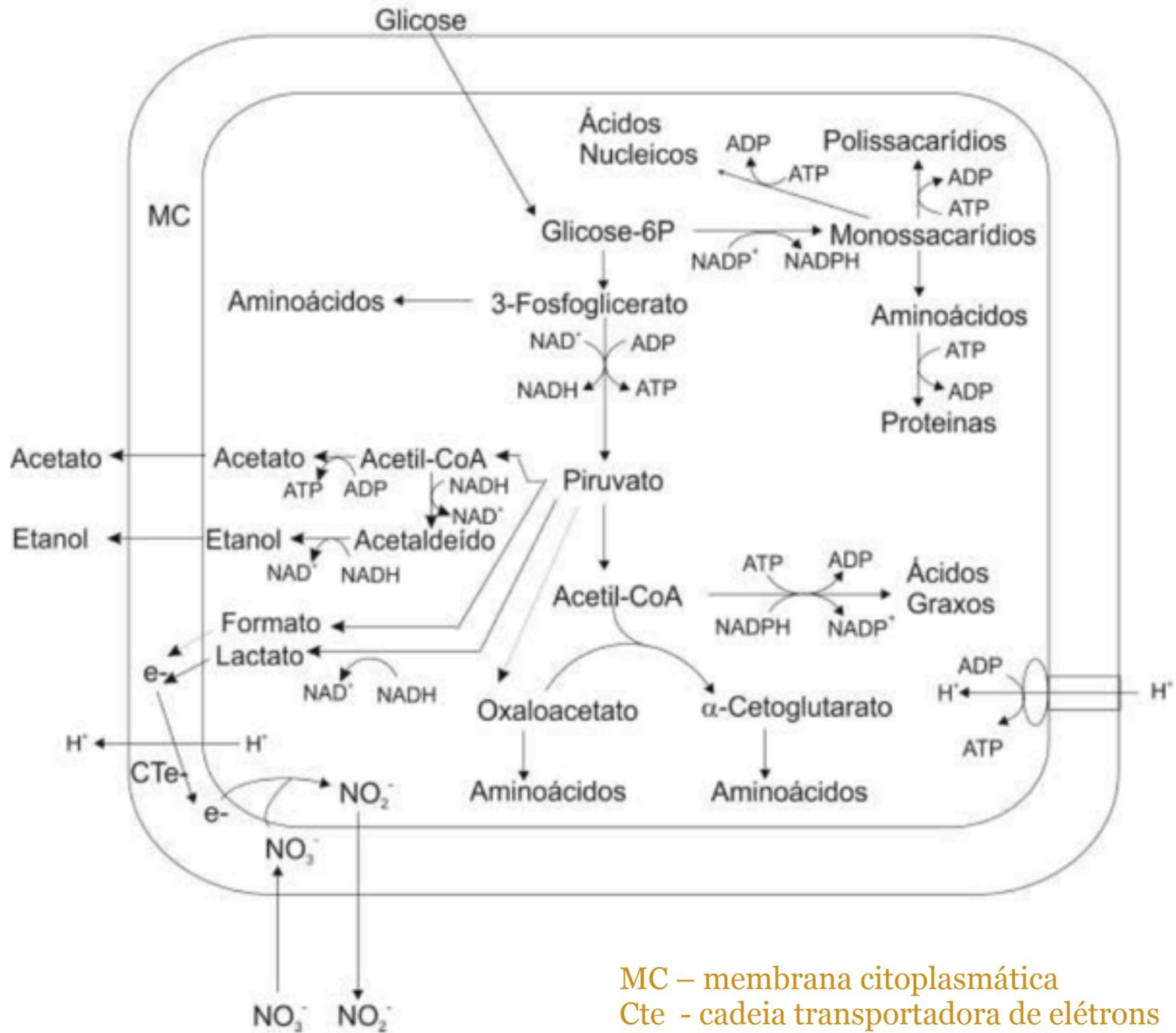
Preencha a tabela a seguir com o esquema que melhor representa o tipo metabólico predominante em cada nicho ( 1 tipo por ambiente)

Tabela 1. Características de diferentes nichos ocupados por bactérias

	Ambiente	Características	Tipo metabólico principal
I	Intestino humano	Ausência de luz, anaeróbico, alta concentração de matéria orgânica	
II	Pele humana	Aeróbico, alta concentração de matéria orgânica	
III	Mina de enxofre	Ausência de luz, aeróbico alta concentração de enxofre ( $S^0$ & $H_2S$ ), baixa concentração de matéria orgânica	
IV	Água superficial de lago	Presença de luz, aeróbico, alta concentração de matéria inorgânica, baixa concentração de matéria orgânica	
V	Água profunda de lago	Presença de luz, anaeróbico, alta concentração de matéria inorgânica, baixa concentração de matéria orgânica	
VI	Solo profundo	Ausência de luz, anaeróbico, matérias orgânica e inorgânica disponíveis	

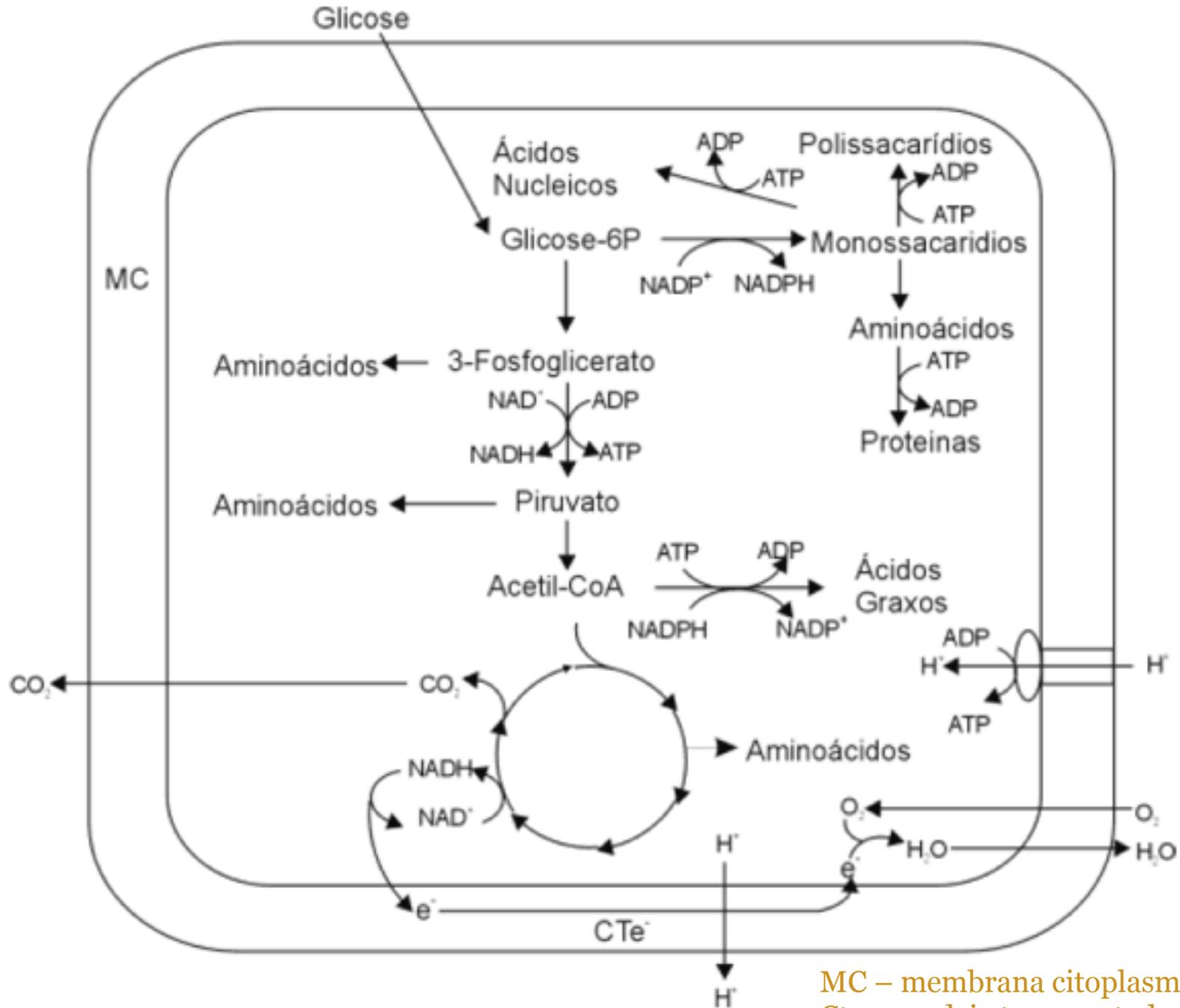
**A**

MC – membrana citoplasmática

**B**

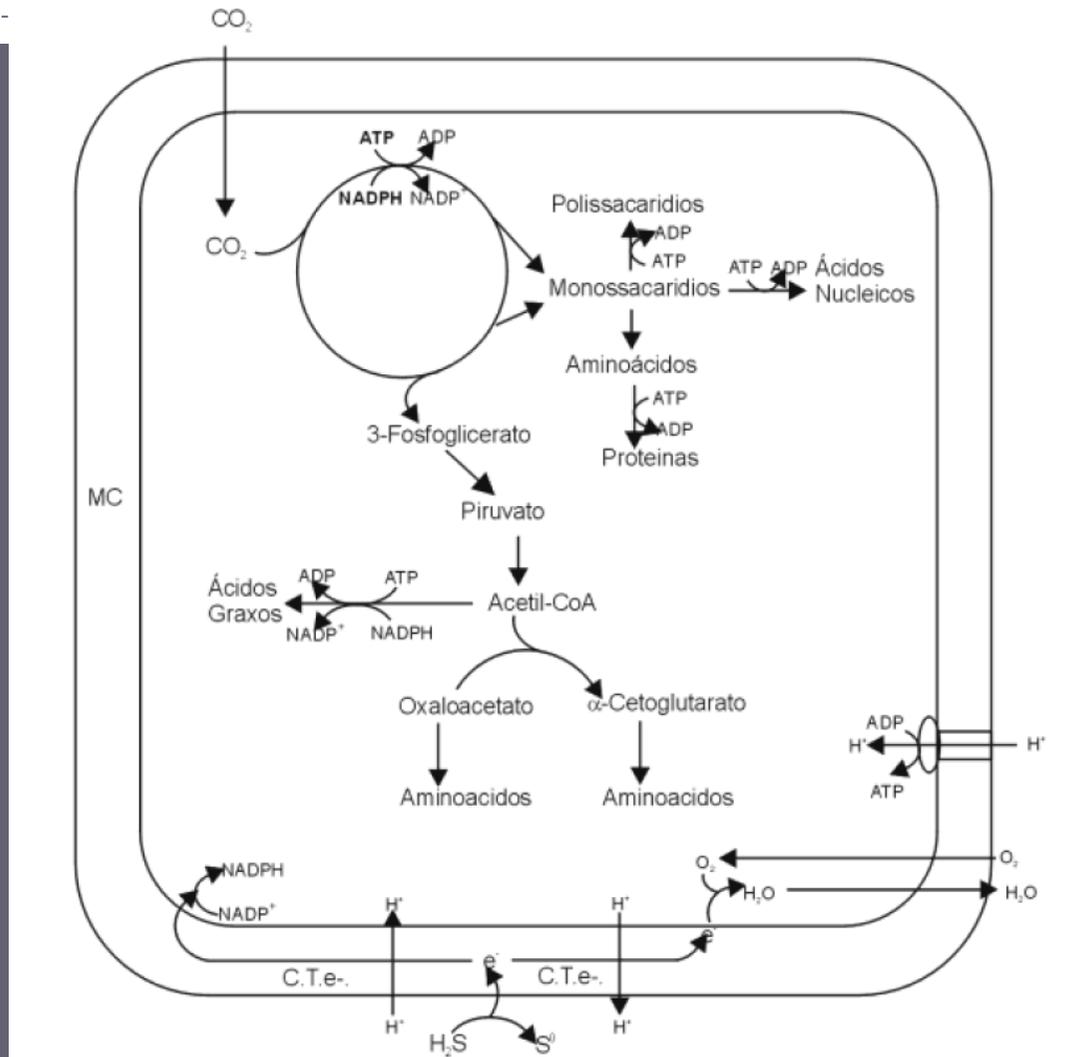
MC – membrana citoplasmática  
 Cte - cadeia transportadora de elétrons

C

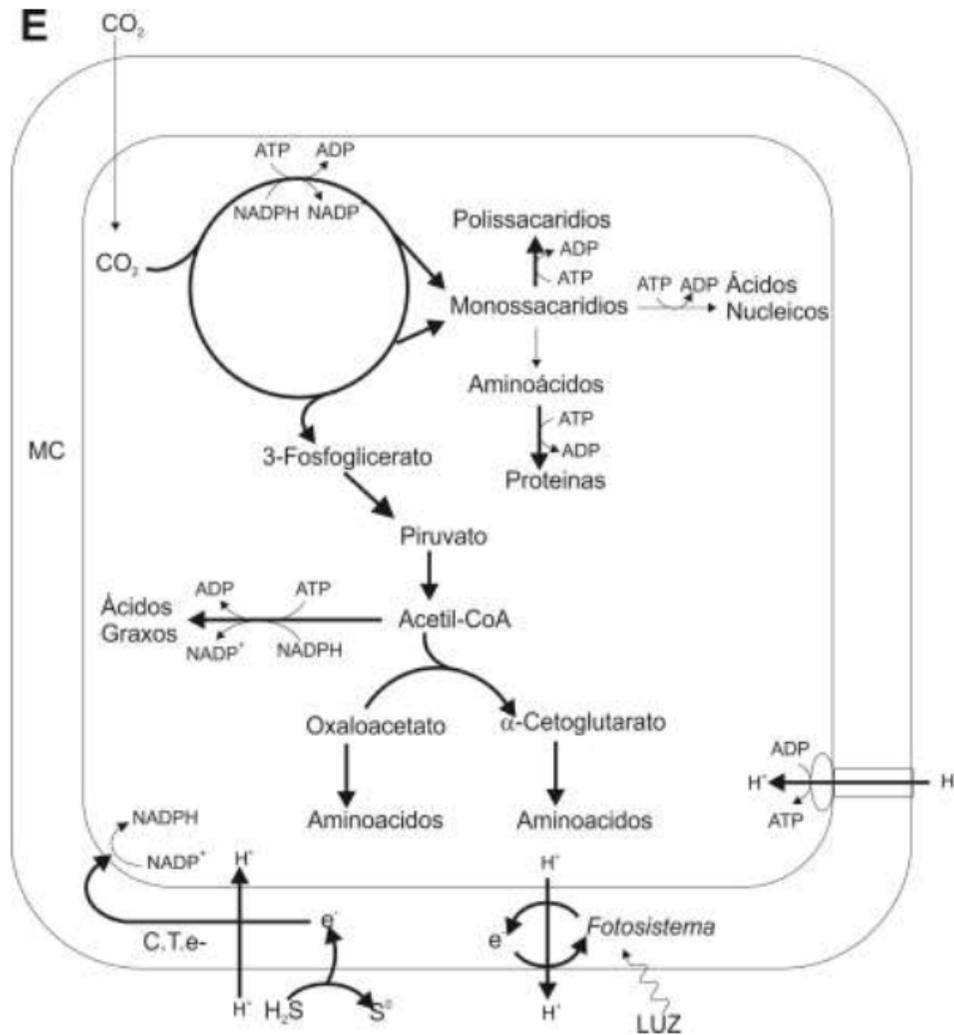


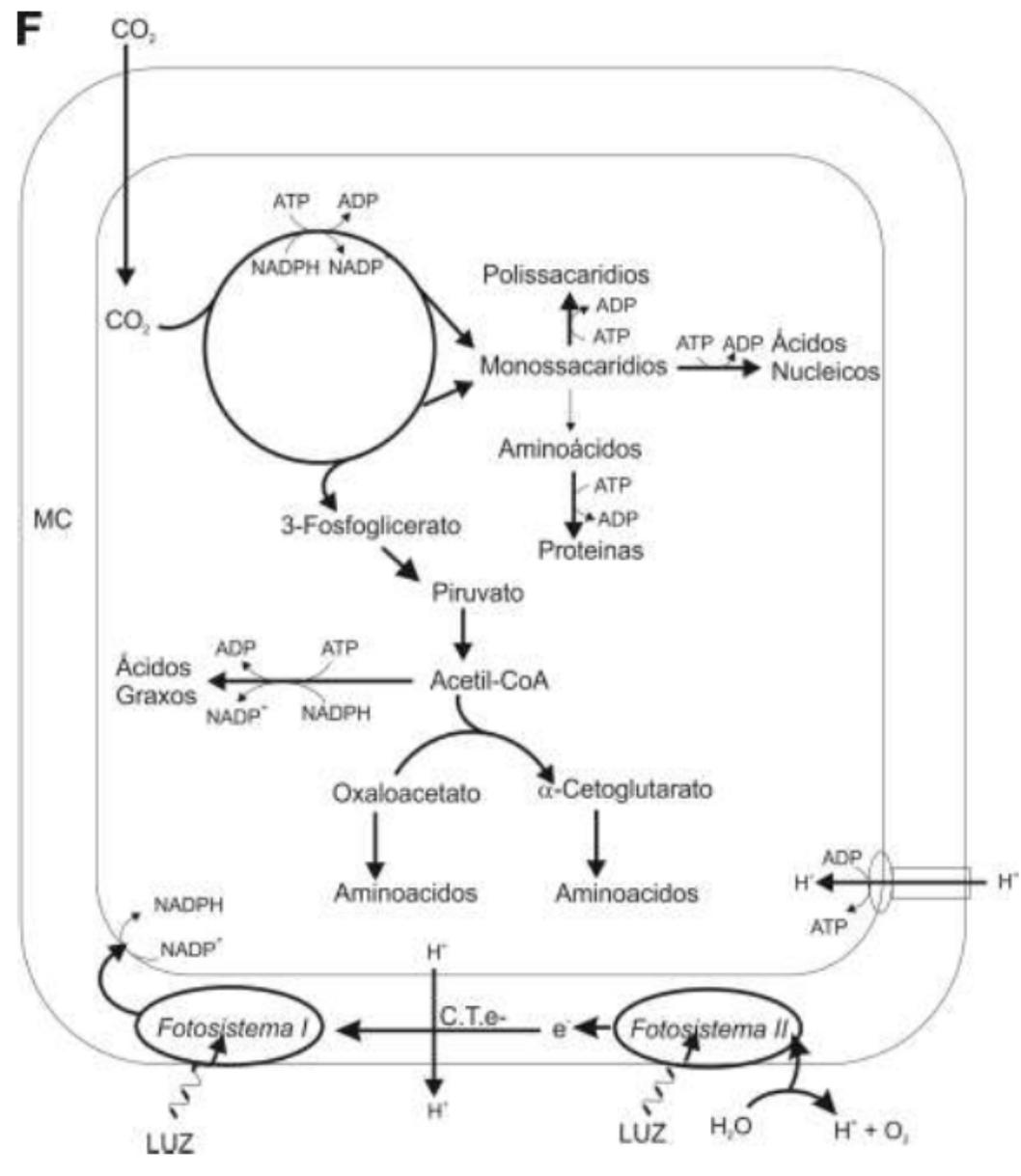
MC – membrana citoplasmática  
Cte - cadeia transportadora de elétrons

D



MC – membrana citoplasmática  
Cte\_ - cadeia transportadora de elétrons

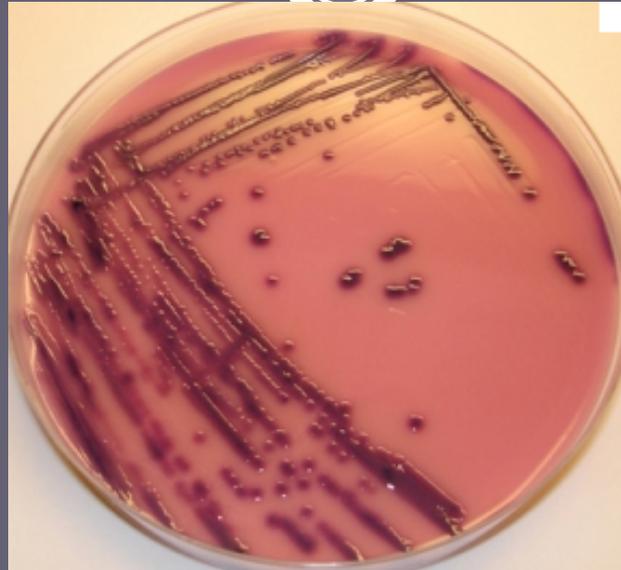




MC – membrana citoplasmática  
 Cte\_ - cadeia transportadora de elétrons



# Diferenciando bactérias com base em seu metabolismo em meios de cultura adequadamente formulados



# BIOMIC® V<sup>3</sup>

## API PANEL READING

The BIOMIC V3 Microbiology System provides automated reading, interpreting, and recording for all varieties of API (bioMérieux) panels. This greatly improves accuracy, speed, and standardization of testing.

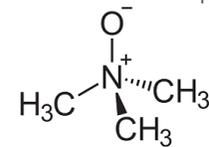
An enlarged API panel image is instantly displayed on-screen with +/- well readings and automatic organism identification look-up. Readings may be adjusted by the user. Test results and high resolution images are saved automatically and can be printed or sent via LIS/LIMS. API QC reading and recording is also included.

**BIOMIC V3 Reads:** API 20E, API 20NE, API Staph, API 20 Strep, API Coryne, API 20C (Yeast), rapid 20E, rapid 32E, rapid ID 32A (Anaerobes), ID 32 Staph, rapid ID 32 Strep, ID 32C (Yeast)



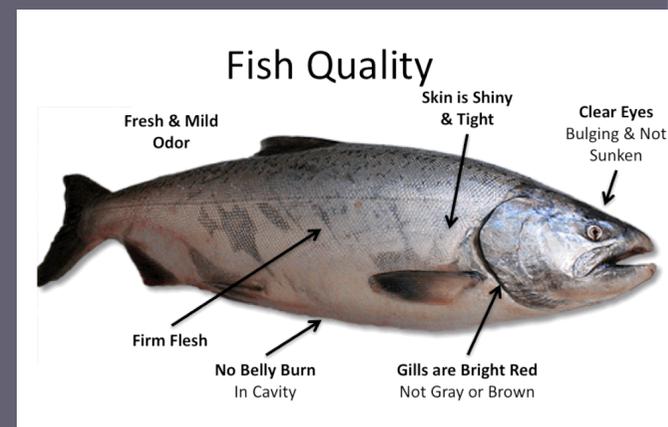
*Identificando  
bactérias com base  
em características  
bioquímicas e  
metabólicas*





## Problema 1:

*Peixes marinhos dependem de óxido de trimetilamina (TMAO) para manter o balanço de fluidos na salinidade do seu ambiente. Quando mortos, algumas bactérias anaeróbias utilizam TMAO como aceptor final de elétrons de sua cadeia respiratória, transformando TMAO em trimetilamina (TMA), gerando o seu odor característico. Qual dos tipos metabólicos estudados em classe representam este metabolismo?*



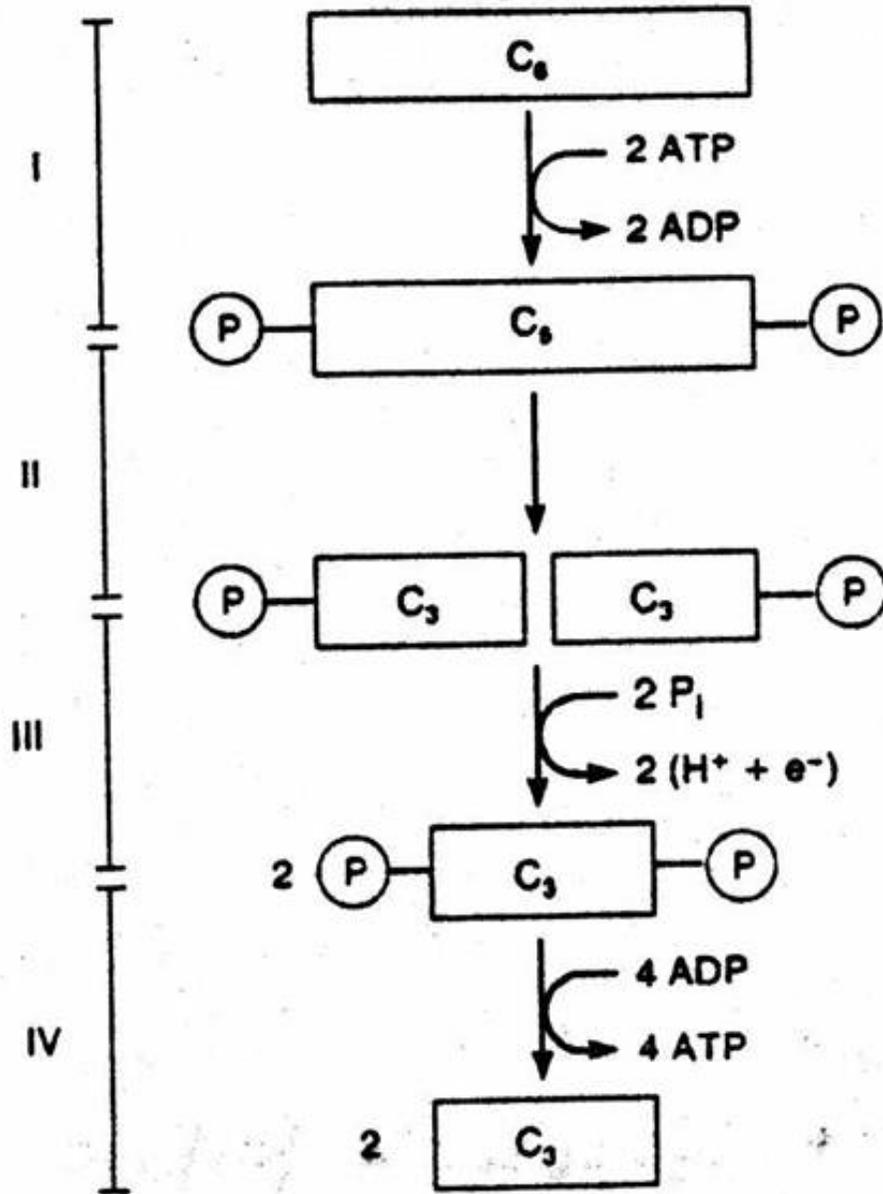


## Problema 2:

*Surto de gastroenterites foram reportados na Austrália e no Brasil (Paulo Afonso, Bahia). Entre 2000 casos reportados em 42 dias, 88 resultaram em morte. Foram detectados altos níveis de cianobacterias (Anabaena e Microcystis) em reservatório de água, no caso brasileiro. As cianobactérias são fotoautotróficas capazes de realizar fotossíntese oxigênica. Qual dos esquemas metabólicos estudados representa tal metabolismo?*



- Detalhamento das vias metabólicas indicadas nos esquemas estudados

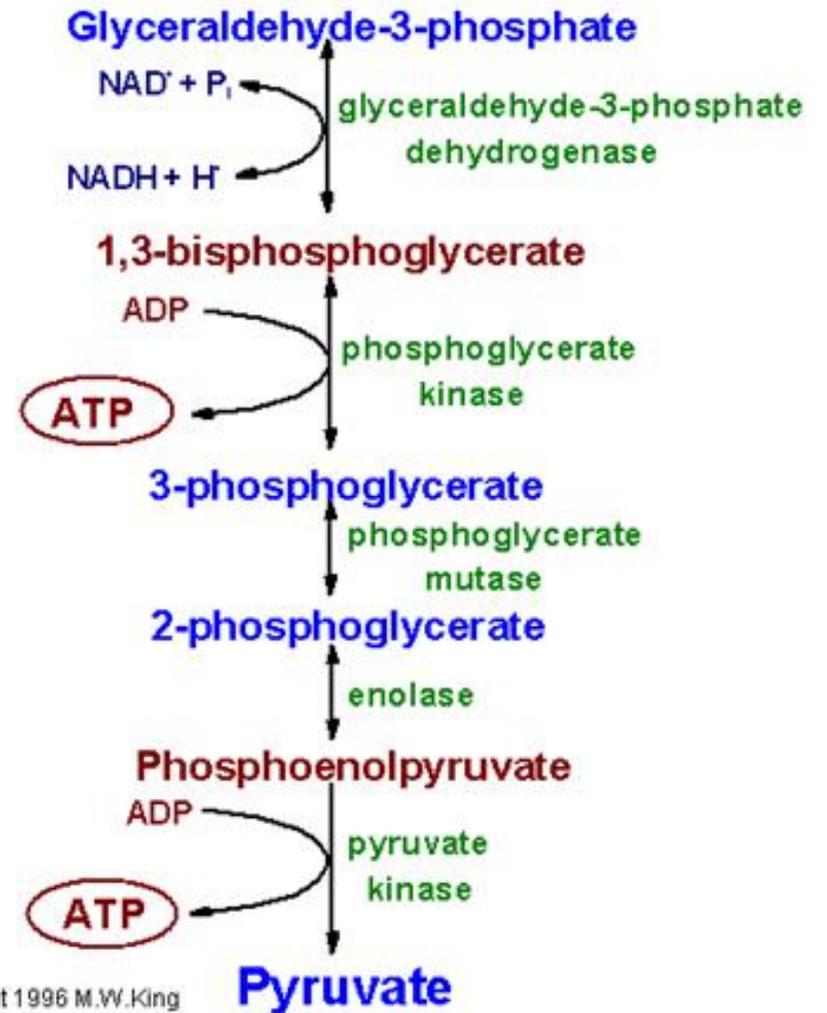
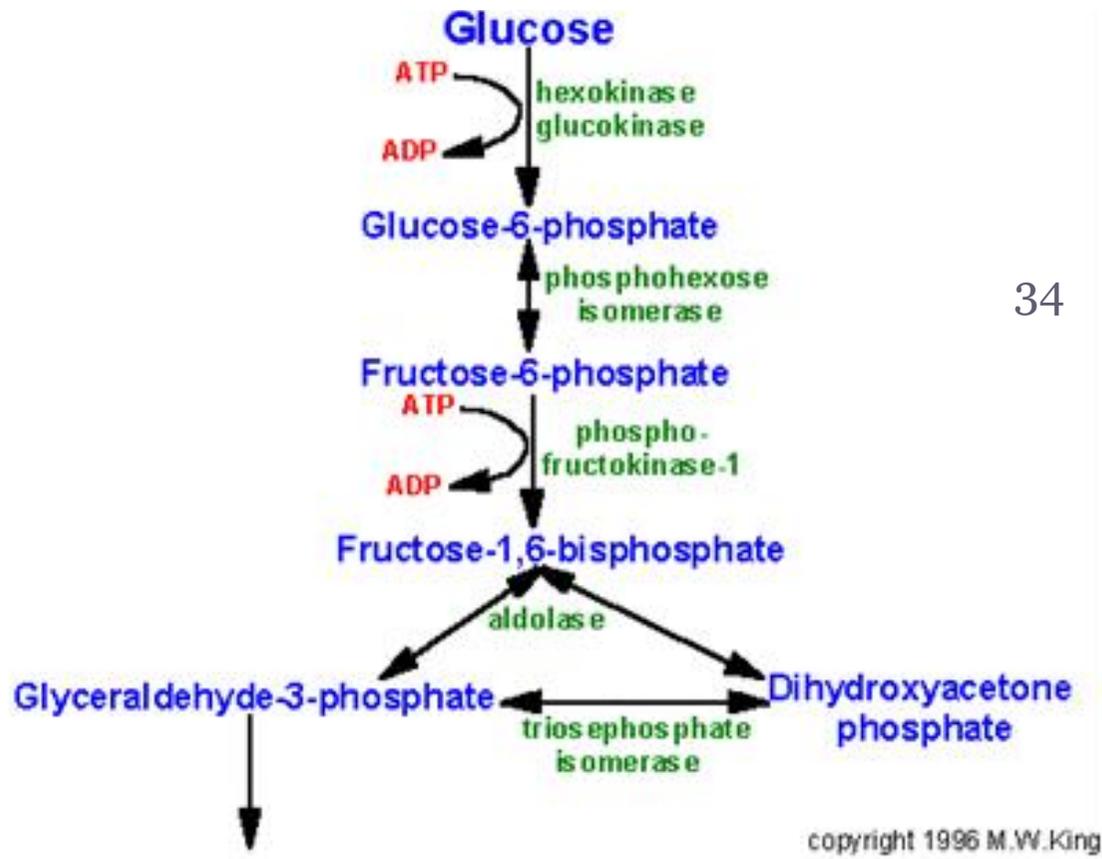


Etapas principais da glicólise:

P representa o grupo  $\text{PO}_4^-$

C<sub>6</sub> representa hexose

C<sub>3</sub> representa triose



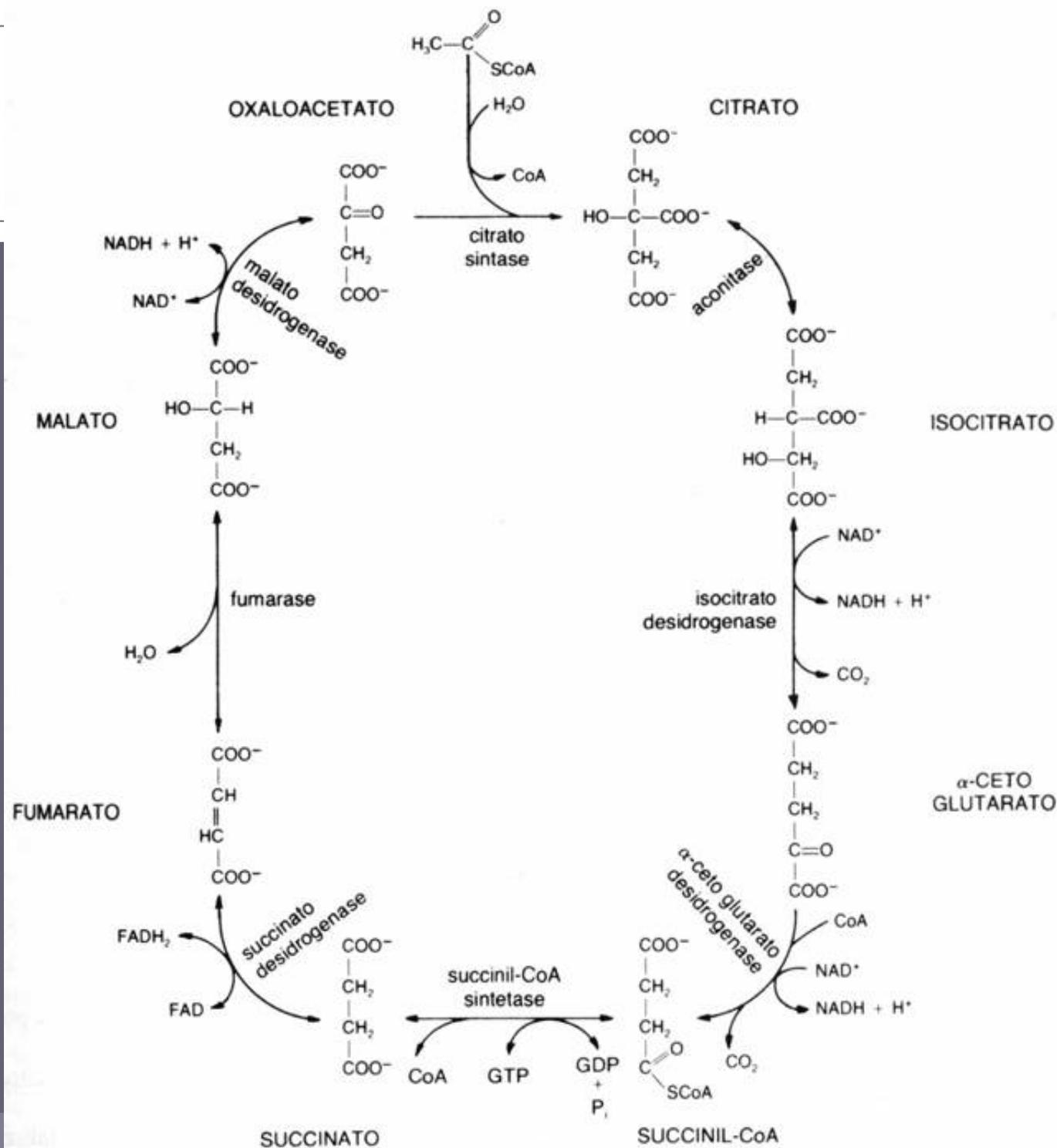
# Regulação



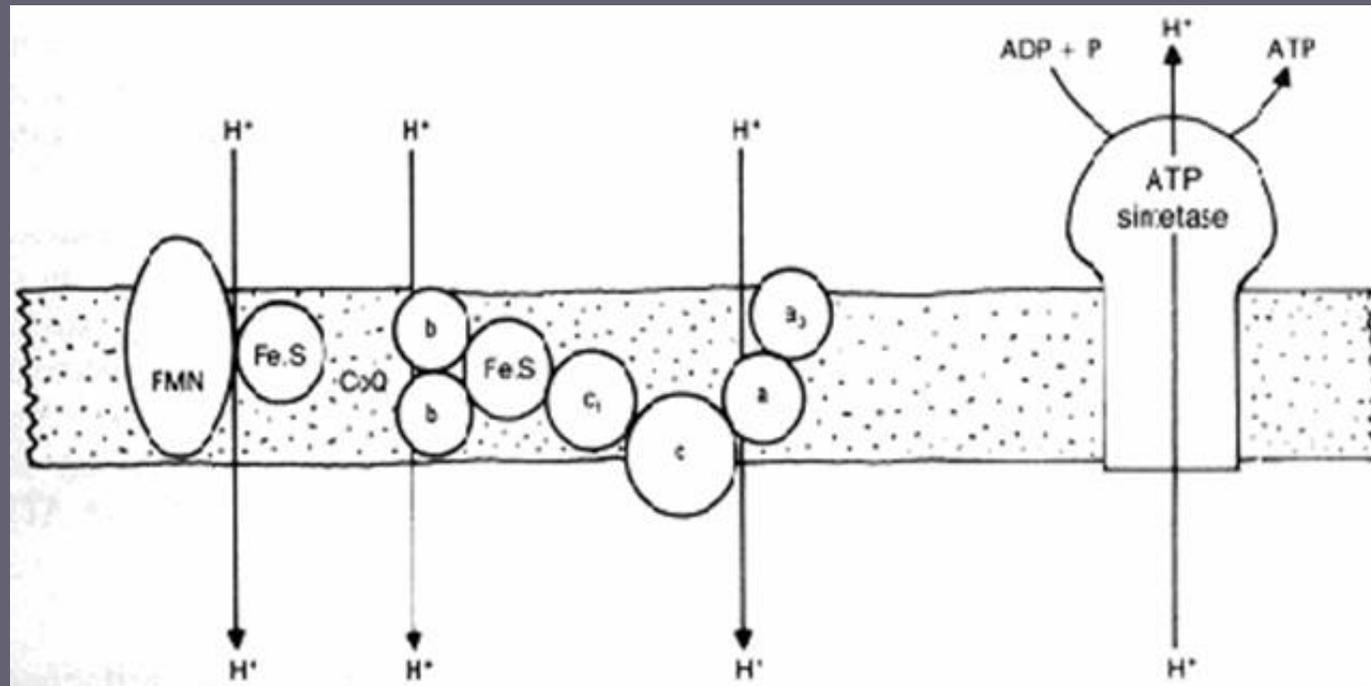


# Ciclo de Krebs

(Ciclo dos ácidos tricarbóxicos)



Ciclo de Krebs.



Cadeia de transporte de elétrons

Teoria quimiosmótica de Mitchell e geração de energia

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

Par oxidado/reduzido	$E^{\circ}$ (volts)
NAD <sup>+</sup> /NADH	- 0,32
FMN/FMNH <sub>2</sub>	- 0,30*
FAD/FADH <sub>2</sub>	- 0,18**
CoQ/CoQH <sub>2</sub>	+ 0,04
Citocromo b (Fe <sup>3+</sup> )/citocromo b (Fe <sup>2+</sup> )	+ 0,06
Citocromo c <sub>1</sub> (Fe <sup>3+</sup> )/citocromo c (Fe <sup>2+</sup> )	+ 0,23
Citocromo c (Fe <sup>3+</sup> )/citocromo c (Fe <sup>2+</sup> )	+ 0,25
Citocromo a (Fe <sup>3+</sup> )/citocromo a (Fe <sup>2+</sup> )	+ 0,29
Citocromo a <sub>3</sub> (Fe <sup>3+</sup> )/citocromo a <sub>3</sub> (Fe <sup>2+</sup> )	+ 0,55
O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O	+ 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.

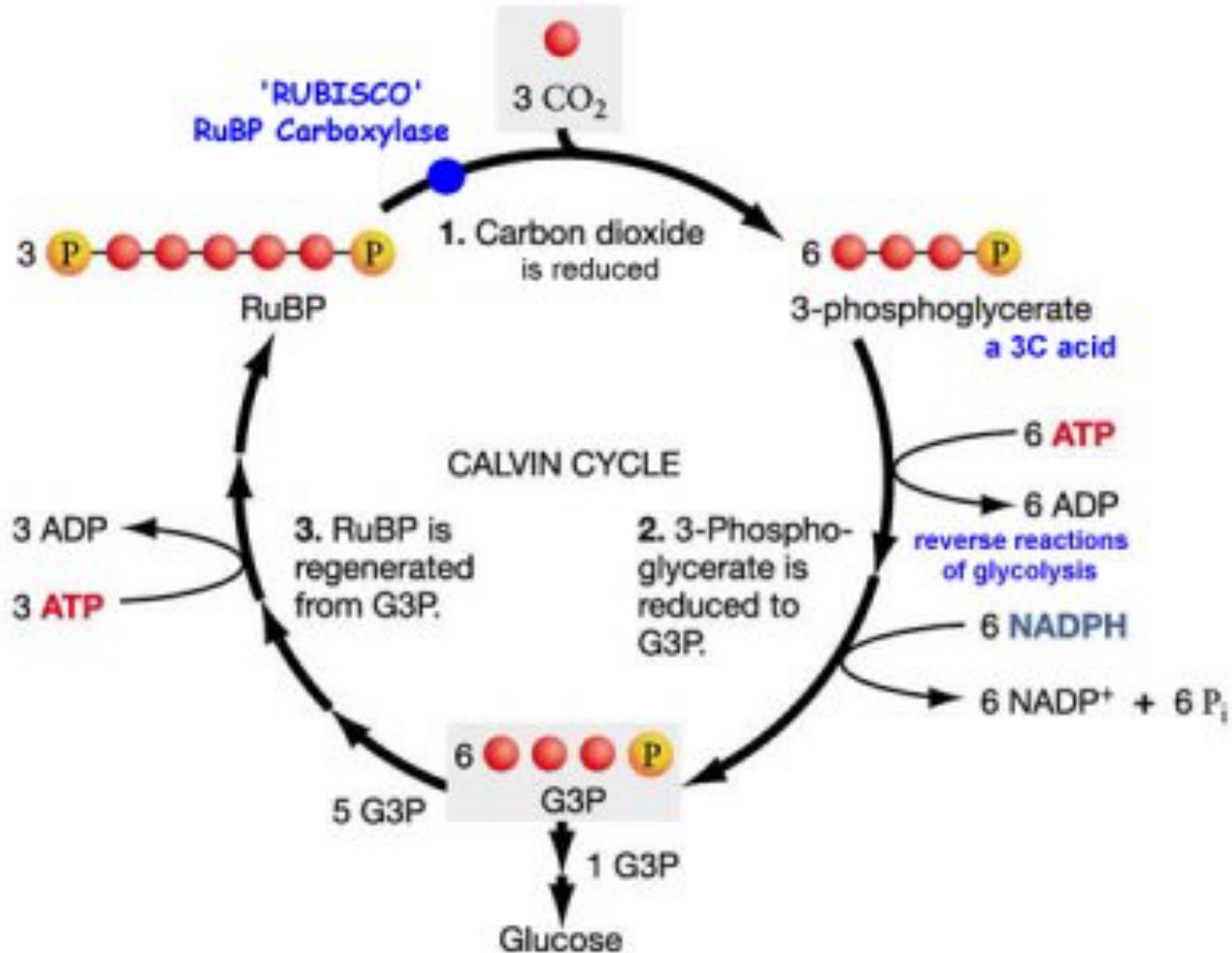
Dependendo dos potenciais de redução do doador e do acceptor de elétrons, a variação de energia pode ser maior ou menor

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

Par Redox	$E^{\circ}$ (V)
2H <sup>+</sup> /H <sub>2</sub>	- 0,41
NAD <sup>+</sup> /NADH	- 0,32
S <sup>0</sup> /HS <sup>-</sup>	- 0,27
CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>	- 0,24
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /HS <sup>-</sup>	- 0,22
Piruvato/lactato	- 0,19
Fumarato/succinato	+ 0,03
Ubiquinona ox/red.	+ 0,11
Citocromo aa <sub>3</sub> ox/red	+ 0,39
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	+ 0,43
Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup>	+ 0,77

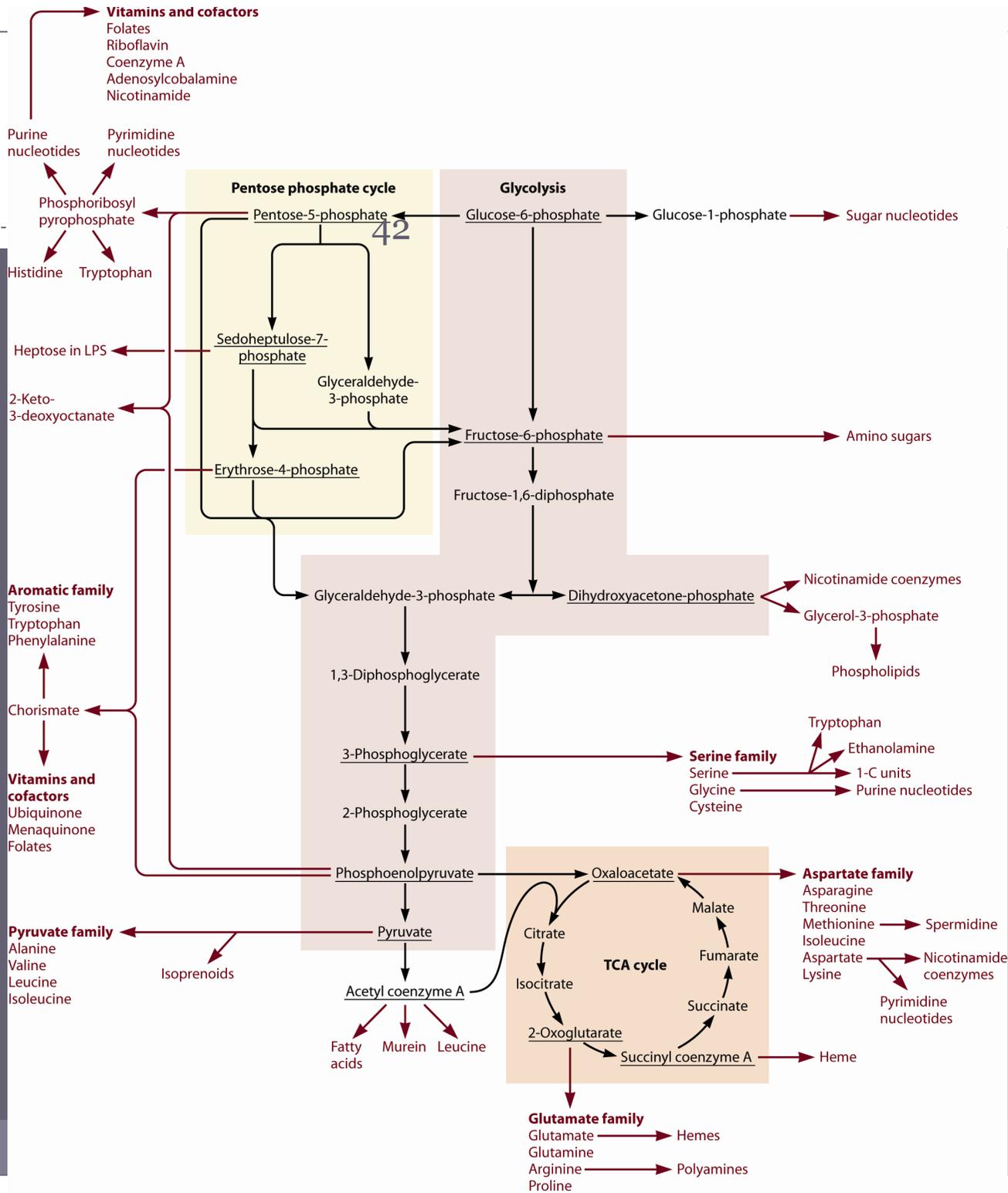
# Ciclo de Calvin Benson

40



# Biossíntese

- Macromoléculas
- Gliconeogênese
- Aminoácidos – proteínas
- Ácidos nucleicos – DNA RNA
- Lipídeos



# Bioprodutos microbianos

43

REPORTAGENS



**Biodiversidade brasileira é fonte de microorganismos produtores de plásticos e elastômeros biodegradáveis**

Luiziana da Silva, Maria Filomena Rodrin & José Gr

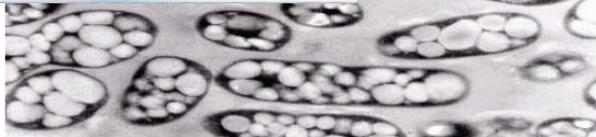
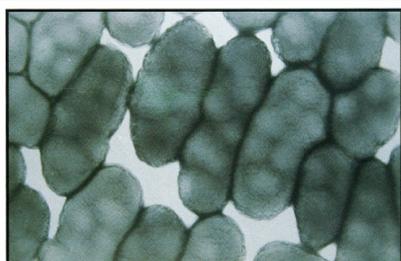


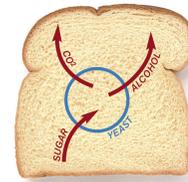
Figura 1. Grânulos de polímero biodegradável do tipo poli-3-hidroxi-butirato (P3HB) no interior de bactérias (preparação e fotomicrografia eletrônica realizadas por Rita de Cássia Paro Alli, Agrupamento de Biotecnologia, DQ, IPT)



**CHEESE PRODUCTION**

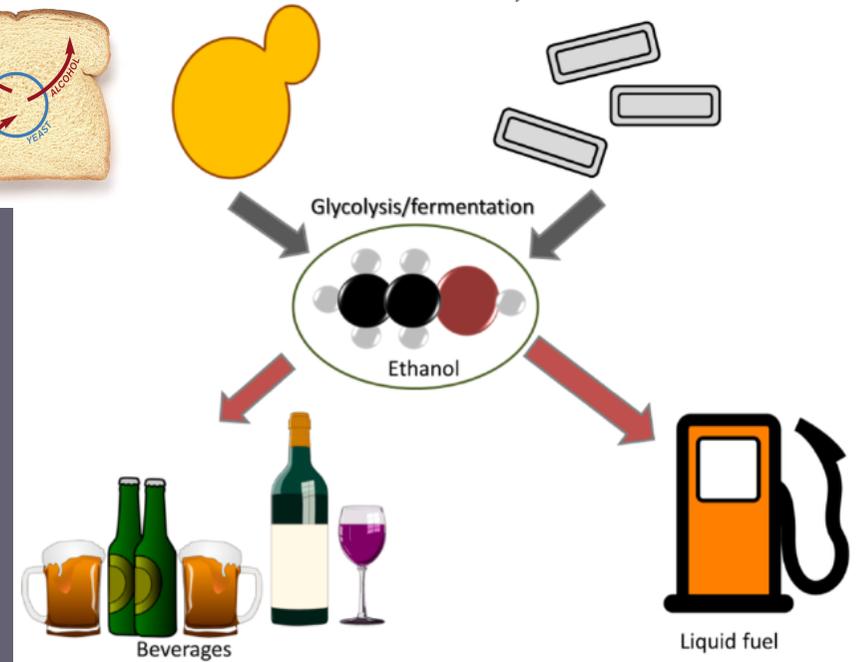


Acima, a bactéria *Ralstonia eutropha*, que transforma açúcar em polímero. Ao lado, utensílios fabricados com bioplástico



*Saccharomyces cerevisiae*

*Zymomonas mobilis*



HOW DID THEY MAKE INSULIN FROM RECOMBINANT DNA?

