

Aula 2 – Transformações de Carbono e Energia

LEITURAS PARA A PRÓXIMA AULA:

- ☐ Krebs, Capítulo 25: Ecosystem Metabolism I: Primary Productivity
- ☐ Luria. 1975. Overview of photosynthesis. (H, W)
- ☐ Stowe, S. 2003. When swans inspire not a ballet, but a battle. *NY Times*. 3 de Setembro. (H,W)
- ☐ Kaiser, J. 1995. Can deep bacteria live on nothing but rocks and water? *Science*. **270**:377. (L)
- ☐ Stevens, TO e JP McKinley. 1995. Lithoautotrophic microbial ecosystems in deep basalt aquifers. *Science*. **270**: 450. (L)
- ☐ Pace, N. 1997. A molecular view of microbial diversity and the biosphere. *Science*. **276**:734. (L)
- ☐ Newman, DK e JF Banfield. 2002. Geomicrobiology: How molecular-scale interactions underpin biogeochemical systems. *Science*. **296**:1071. (L)
- ☐ Sarbu, S *et al.* 1996. A chemoautotrophically-based cave ecosystem. *Science*. **272**:1953. (L)

“A natureza apresenta o problema de como capturar a transmissão de luz que flui para terra e armazenar a mais ilusória de todas as forças em forma sólida.”

Mayer, 1842, descobriu a lei de conservação de energia

Resumo para hoje:

- I. Evolução
- II. Autótrofos
 - A. Fotossíntese
 - B. Fotossíntese Bacteriana
 - C. Quimiossíntese
- III. Heterótrofos
 - A. Respiração Aeróbica
 - B. Fermentação
 - C. Respiração Anaeróbica

Pergunta importante: Como os seres vivos obtêm carbono e energia necessários ao crescimento e função?

I. Evolução

Visão antiga do mundo: 5 Reinos.

Desenvolvimento de uma nova perspectiva de vida.

Novas técnicas de identificação genética (C Woese nos anos 1970)

A “Árvore da Vida” em 3 campos: Eurobactérias, Arqueobactérias, Eucariotos

Ventilação hidrotérmica e termas quentes

Classificações por genótipos em vez de fenótipos

Árvore universal filogenética baseada nas seqüências SSU rRNA

As sessenta e quatro seqüências rRNA que representam todos os campos da filogenética eram alinhadas, e criava-se uma árvore usando FASTDNAML (43, 52). Esta árvore foi modificada, resultando na combinação apresentada, pela diminuição das linhagens e pelo ajuste das ramificações, a fim de incorporar resultados de outras análises. A escala corresponde à mudança de 0,1% por nucleotídeo. (Pace, N. 1997. *Science*.276:734-740)

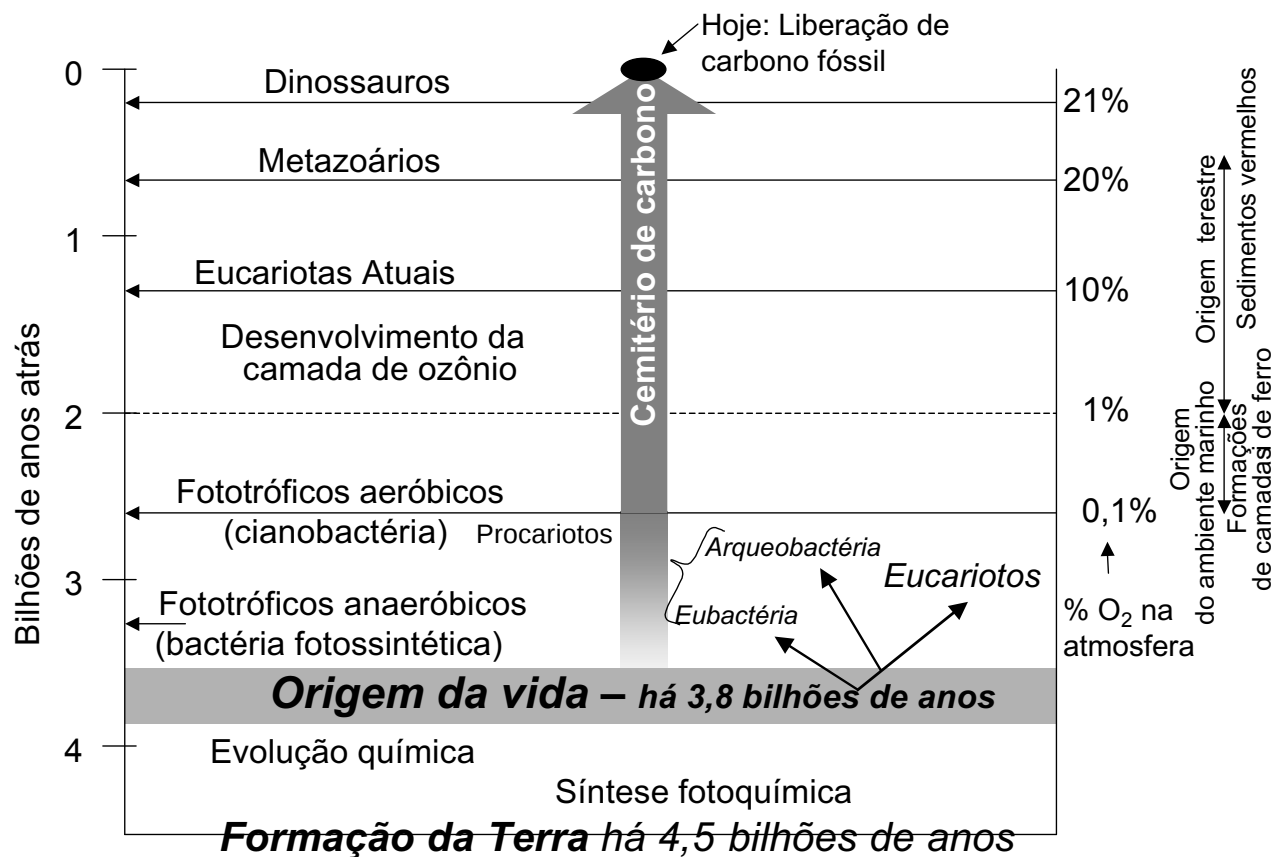
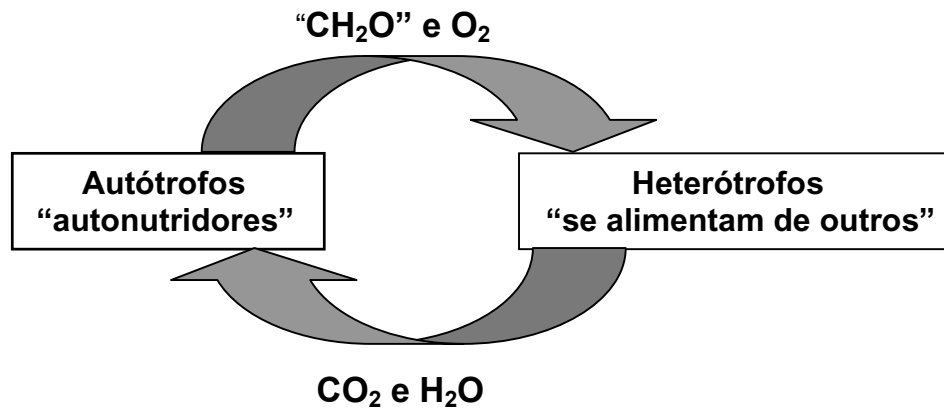


Figura 2. Adaptada de Brock e Madigan, *Biology of Microorganisms*. Principais marcos na evolução biológica.

Panorama básico da vida:



II. Autótrofos

Esses "autonutridores" obtêm energia do sol (fotoautótrofos) ou de compostos inorgânicos reduzidos (quimioautótrofos) e obtêm carbono de CO₂.

Esse seres vivos sofrem duas reações. A primeira reação produz ATP* e NADPH**, que fornece energia armazenada e força redutora. Para os seres vivos fotossintéticos ela é conhecida como reação de Hill. A segunda reação, o Ciclo de Calvin, é comum a todos os autótrofos e utiliza energia armazenada e força redutora para converter CO₂ em CH₂O (açúcar).

A. Fotossíntese (aeróbica)

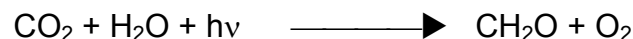
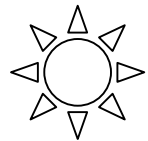
Quem? Plantas, cianobactérias, algas eucarióticas

Fonte de Carbono? CO₂

Fonte de Energia? Luz do sol

Doador de Elétron? H₂O

Onde? Em condições aeróbicas e na presença da luz do sol



B. Fotossíntese Bacteriana (anaeróbica)

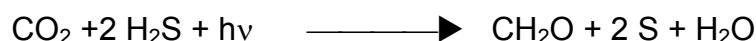
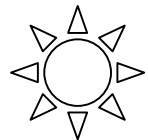
Quem? Bactérias (ex.: Bactéria púrpura de enxofre)

Fonte de Carbono? CO₂

Fonte de Energia? Luz do sol

Doador de Elétron? H₂S

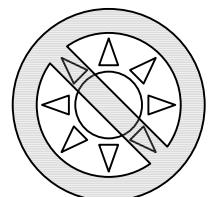
Onde? Em condições aeróbicas e iluminadas



C. Quimiossíntese

Quem? Bactéria quimioautótrofa, também conhecida como *quimiolitoautótrofos*

Fonte de Carbono? CO₂



Fonte de Energia? Compostos inorgânicos reduzidos (CH_4 , NH_4 , H_2S , Fe^{2+})

Doador de Elétron? Compostos inorgânicos reduzidos

Onde? Em condições microaeróbicas ou anaeróbicas na ausência de luz do sol

<i>Bactérias de enxofre oxidantes:</i>	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$
<i>Metanótrofos:</i>	CH_4 (metano) $\rightarrow \text{CO}_2$
<i>Bactérias Nitrificantes:</i>	$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
<i>Bactérias de ferro oxidantes:</i>	$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$

*ATP = trifosfato de adenosina. (ADP = difosfato de adenosina)

**NADPH = dinucleotídeo de nicotinamina-adenina-fosfato

III. Heterótrofos

Esses seres vivos (“alimentados por outros”) obtêm energia e carbono de compostos orgânicos reduzidos.

Produzem ATP e NADH^{***} , que podem ser usados em outro lugar dentro das células.

A. Respiração aeróbica

Quem? Eucariotos e procariotos aeróbicos

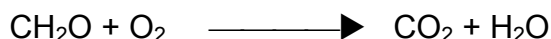
Fonte de Carbono? CH_2O

Fonte de Energia? CH_2O

Receptor de Elétron? O_2

Onde? Condições aeróbicas

Essas reações são essencialmente o reverso do Ciclo de Calvin. O_2 é o último receptor de elétron. As plantas também executam essa reação a fim de obter energia para os processos de crescimento e metabolismo.



B. Fermentação

Quem? Eucariotos e procariotos

Fonte de Carbono? CH_2O

Fonte de Energia? CH_2O

Receptor de Elétron? Compostos orgânicos

Onde? Condições anaeróbicas

Esta é apenas a primeira parte da respiração e resulta na decomposição parcial da glicose. Os produtos são ácidos orgânicos ou álcoois (ex.: ácido láctico, etanol, ácido acético) em vez de CO_2 .

C. Respiração anaeróbica

Quem? Apenas os procariotos

Fonte de Carbono? CH_2O

Fonte de Energia? CH_2O

Receptor de Elétron? Compostos inorgânicos oxidáveis (SO_4^{2-} , Fe^{3+} , NO_3^+ etc.)

Onde? Condições anaeróbicas

Muito semelhante à respiração aeróbica, exceto pelo O_2 que não é o último receptor de elétron. Ao contrário, um outro composto oxidável como SO_4^{2-} , NO_3^- ou CO_2 é o último receptor de elétron.

Bactéria de ferro redutora: $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

Bactéria desnitrificante: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$

$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2$

Bactéria redutora de sulfato: $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$

Metanogênicos: $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ (metano)

*** NADH = dinucleotídeo de nicotinamida-adenina (um parente do NADPH. NADH é usado para a produção de ATP, enquanto o NADPH é associado à biossíntese)

Questões para estudo:

- O que é a coluna de Winogradsky? Quais são os níveis de luz, oxigênio e sulfeto em cada camada e quais seres vivos predominam em cada camada? Quais são as fontes de energia e carbono para cada tipo de ser vivo?
- Descreva o significado da descoberta da ventilação hidrotérmica no fundo do mar.
- Por que Rubisco chamou atenção para a proteína mais importante da face da Terra?
- O que é único em relação aos ecossistemas descrito no artigo de Sarbu? Quais são as diferenças e semelhanças com a ventilação hidrotérmica?
- O artigo de Banfield e Newman menciona os benefícios dos avanços nas técnicas genéticas para a compreensão da estrutura da comunidade microbiana e as identidades dos microorganismos. De acordo com o seu conhecimento sobre a diversidade metabólica, por que é tão difícil cultivar a maioria dos microorganismos em laboratório?
- Se um lago está coberto por algas, como as bactérias de fotossíntese anaeróbica, que vivem debaixo das algas, conseguem obter luz suficiente para realizar a fotossíntese?