

# Disciplina IOB 0127 - Fitoplâncton e a Produção Primária 2008

## Aula 1- Importância do fitoplâncton na evolução da terra

Profa. Responsável: Dra. Sônia M. F. Giancesella

**Equipe:**

Colaboradores: Dra. Flávia M. P. Saldanha Corrêa

Dr. Juan José Barrera Alba

MSc. Melissa Carvalho

Ms. Cíntia Ancona

**PROFITO - Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e Produção Primária**

# IOB 0127 - Fitoplâncton e a Produção Primária

- 

Por que estudar o fitoplâncton e a produção primária?

# Importância do fitoplâncton e da produção primária: escala evolutiva e atualmente

- formação da atmosfera atual (produção de oxigênio);
- rede trófica marinha (produtores primários);
- balanço de gases da atmosfera (controle do efeito estufa necessário à vida como ela é hoje);
- formação de núcleos de condensação de nuvens sobre o oceano a partir de DMSP → DMS;
- sensíveis ao aquecimento global e poluição indiscriminada dos oceanos.

# Evolução da Atmosfera

- Como a atmosfera evoluiu até o que é hoje?
- Que gases na atmosfera são importantes para a vida e como são mantidos?
- Que variações naturais ocorrem nos constituintes da atmosfera e quais são as escalas de tempo importantes nessas mudanças?

Respostas todas ligadas à atividade biológica

# Desenvolvimento da atmosfera terrestre

- Evolução da atmosfera pode ser dividida em 3 fases:
  - 1- Origem: Era química/pré-biológica
  - 2- Era microbiana
  - 3- Era biológica

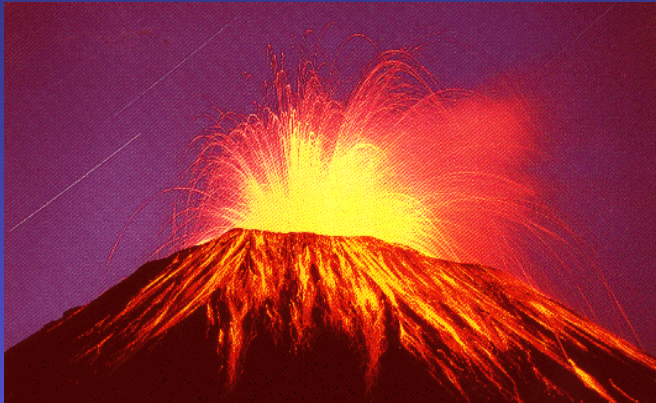
# Origem

- Durante formação da Terra (período Hadeano) (4,5 até 3,5Ba) →  $H_2$  e He até 4,4Ba.



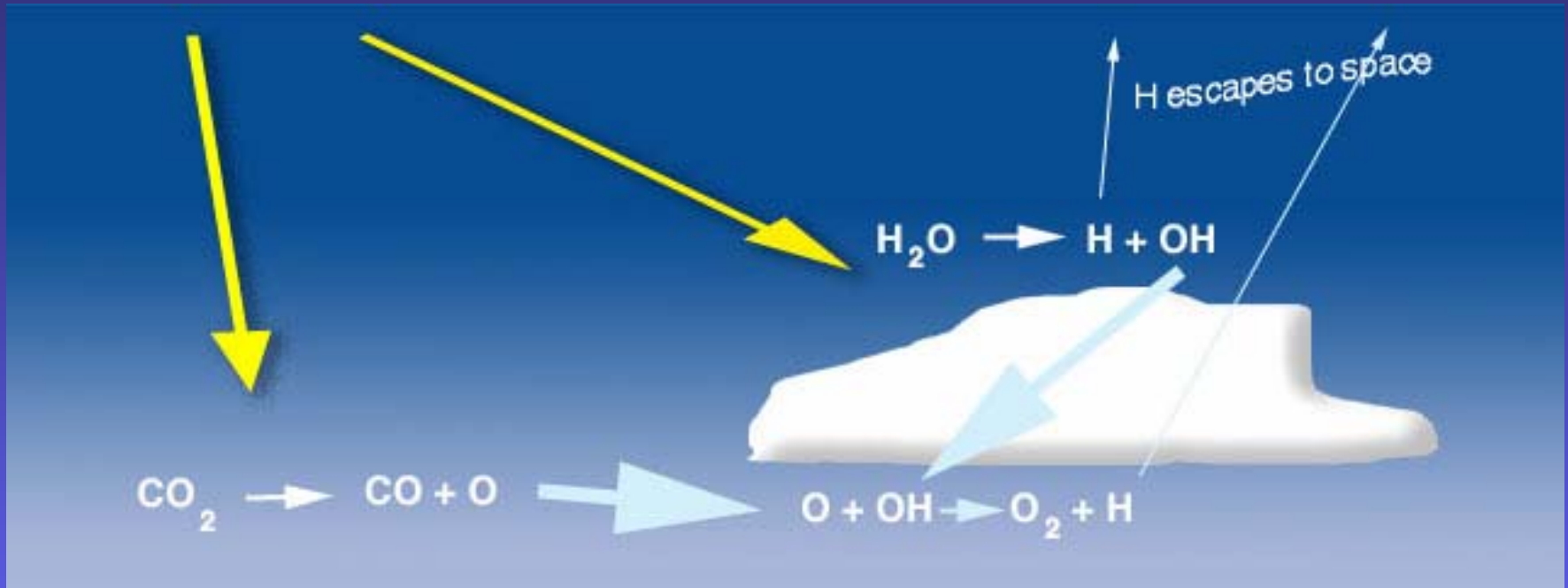
- Atmosfera original foi rapidamente perdida para o espaço: gases muito leves e gravidade não conseguia reter.
- Resfriamento da Terra: formação dos oceanos dissolução das rochas. Fe → constituinte importante das águas oceânicas.

# Era química ou Pré-biológica



- A partir de 4,4 Ba (Final do Hadeano): Condições para formação de nova atmosfera por atividade vulcânica.
- Atmosfera primitiva redutora:  
metano,  $\text{CO}_2$ , sulfetos,  $\text{N}_2$ , vapor de água.

# Era química ou Pré-biológica



- Fotólise do vapor d' água e  $\text{CO}_2 \rightarrow$  hidroxila e oxigênio atômico  $\rightarrow \text{O}_2$  em pequenas concentrações.



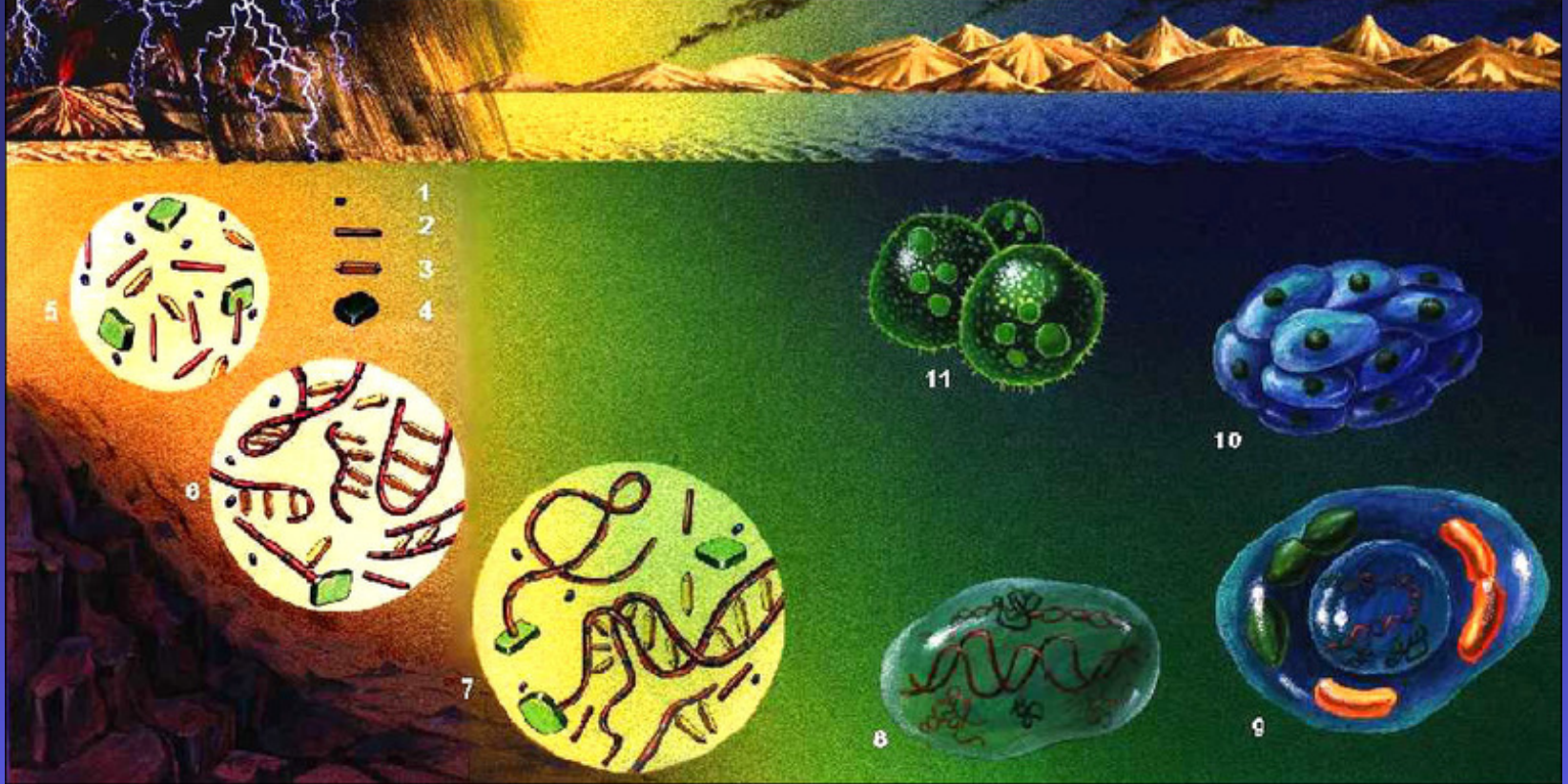
# Era química/Pré-biológica

- Todo  $O_2$  produzido  $\rightarrow$  oxidação de materiais (temperatura muito elevada).
- UV forma moléculas orgânicas na atmosfera  
 $\downarrow$  oceano. (UV: forma e destrói moléculas orgânicas)
- Água barra UV  $\rightarrow$  Acúmulo: formação da sopa primordial.
- Reações químicas que fornecem moléculas vitais (amino-ácidos) são inibidas em presença de  $O_2$ .

# Era Microbiológica



- Início do Arqueano: 3,8Ba. Condições para suportar vida.
- Atmosfera redutora.



[www.vigilia.com.br/vforum/viewtopic.php?p=162...](http://www.vigilia.com.br/vforum/viewtopic.php?p=162...)

Organismos: **litotróficos anaeróbicos**: utilizavam os nutrientes dessa "sopa primordial"

Usavam E química de moléculas reduzidas para sintetizar biomassa

Processo: **Quimiossíntese**. Organismos: **autótrofos quimiossintetizantes**

# Era Microbiológica

- Fontes de energia para Quimiossíntese:

hidrogênio, monóxido de carbono, amônia, nitrito, ácido sulfúrico, enxofre, sulfato, ferro.

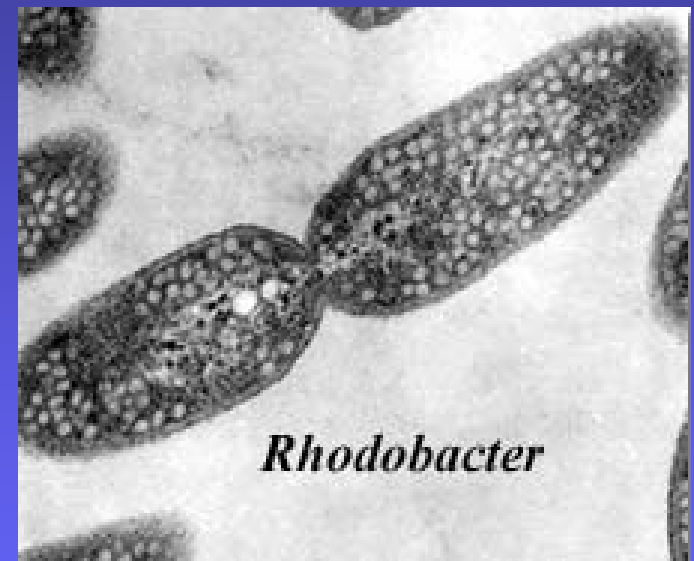
# Era Microbiológica:

## Evolução da fotossíntese

- Ainda no Arqueano:  
alguns organismos  
aprenderam a utilizar a E  
do sol para sintetizar  
novas moléculas  
complexas, num processo  
que se denomina  
**Fotossíntese.**



- Estes organismos eram bactérias e são denominados **autótrofos fotossintetizantes**.
- Ambiente anóxico: **fotossíntese anoxigênica** (bacterioclorofila).



bactéria púrpura não sulfurosa (fotossíntese anoxigênica)

# Evolução da fotossíntese

- Bactérias fotossintetizantes, bactérias produtoras de metano e bactérias fermentadoras não possuem anti-oxidantes na célula → não sobrevivem em ambiente com  $O_2$ .
- Conclusão: como hoje as formas de vida mais primitivas são anaeróbicas, as primeiras formas de vida provavelmente tiveram metabolismo semelhante.

# Evolução da fotossíntese

- Início da fotossíntese oxigênica: provavelmente há 2,8 bilhões de anos (final do Arqueano)
- Características das rochas sedimentares mostram fortes evidências de que surgiu nessa época .
- Fotossíntese oxigênica: água como redutor final e produção de  $O_2$  como subproduto.
- Clorofila-a e fotossistema II



# Evolução da fotossíntese

Que organismos seriam os primeiros responsáveis pela fotossíntese oxigênica?

Até recentemente acreditava-se que seriam as cianobactérias: organismos mais simples, com clorofila-a no citoplasma.

Atualmente: controvérsia após trabalho de Dismouskis et al, 2001

- Principal espécie química capaz de modelar a química do mar Arqueano → aglomerados de Mn-bicarbonato.
- → precursores altamente eficientes do "core" da enzima de oxidação da água constituídos por óxido de tetramanganês.

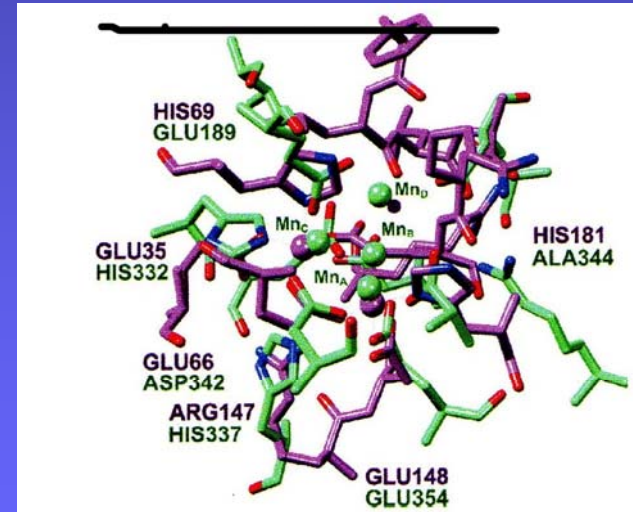
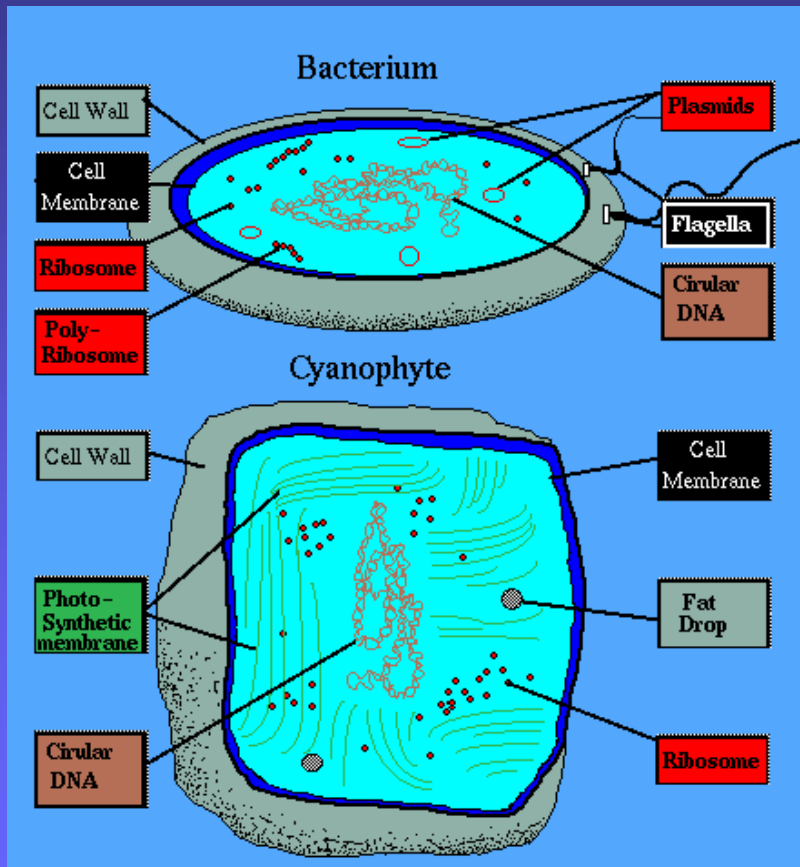


Fig. 2. Optimal superposition of the photosystem II OEC (green backbone) vs. Mn catalase (magenta chain), showing closely aligned residues. The four Mn atoms of the OEC and two Mn atoms of manganese catalase are at the center of the diagram (OEC calcium atom in purple). The PSII structure shown is from Loll et al. [27], with the Mn coordinates updated from Yano et al. [28] (model II).

- Dismuskes *et al.* (2001) demonstraram que estes aglomerados podem ser oxidados sob potenciais eletroquímicos que são acessíveis aos **autótrofos anoxigênicos**.
- Assim, o primeiro centro de reação fotossintética com produção de  $O_2$ , originado provavelmente a partir das **bactérias verdes não sulfurosas** antes da evolução das cianobactérias.

# Evolução da fotossíntese



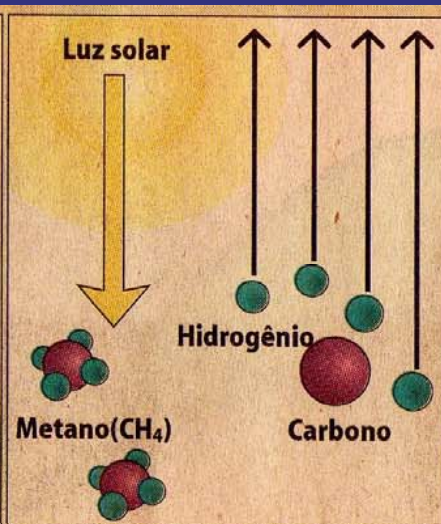
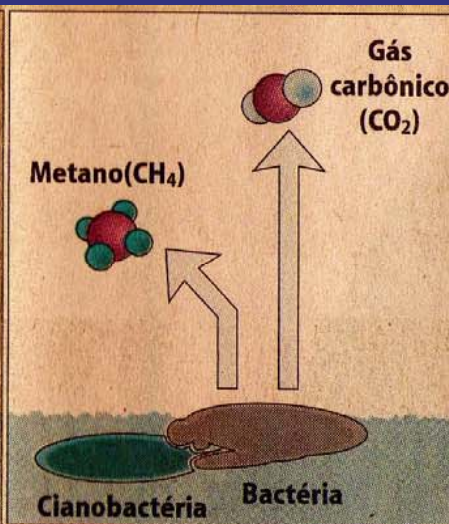
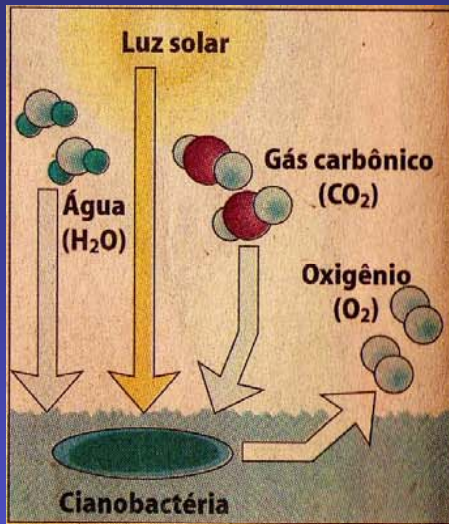
Cianobactérias  
são organismos  
mais recentes  
na evolução

# Evolução da fotossíntese

- Conforme os sumidouros de  $O_2$  decresciam em atividade (oxidação do ferro no oceano e na terra emersa- red beds) a atmosfera se tornou oxidada.

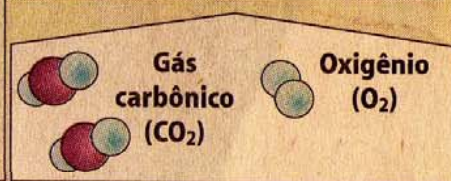
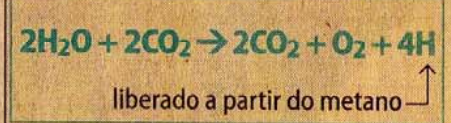
Catling et al, 2001: metanogênese responsável pela liberação de  $H$  para a atmosfera →

luz solar quebra metano em  $C + 4H$  que são perdidos para o espaço.  $C$  se une ao  $O_2 \rightarrow CO_2$



Se o hidrogênio associado ao metano não fugisse para o espaço, o O<sub>2</sub> liberado na fotossíntese acabaria se recombinando de outra forma

**A síntese de todas as reações é:**



**1 Fotossíntese**  
A partir de água, gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e luz solar, as cianobactérias produzem oxigênio (O<sub>2</sub>) e sintetizam matéria orgânica

**2 Metanogênese**  
Quando morrem, as cianobactérias são decompostas por outros microrganismos, liberando metano (CH<sub>4</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>)

**3 Hidrogênio livre**  
A radiação solar liberta os átomos de hidrogênio ligados ao de carbono na molécula de metano e eles escapam para o espaço

**4 Resultado final**  
O oxigênio da fotossíntese e os restos de metanogênese se recombinam, formando mais gás carbônico e oxigênio na atmosfera

Fonte: revista "Science" (www.sciencemag.org)

- Finalmente, a **metanogênese** foi **reduzida** e o ciclo do metano adquiriu sua **forma moderna**.
- Início da **Era Biológica**: o evento mais revolucionário na história da vida sobre a Terra.
- A partir daí → células eucarióticas, colonização terrestre e diversificação de espécies.

# Evidências:

- **Microfósseis** semelhantes a fotossintetizantes modernos (Fotossistema II) nos sedimentos dessa época
- Também acompanhados por **feições sedimentológicas** (aparentes bolsões de gás fóssil) que são interpretados como evidência de metabolismo aeróbico.



- Assim, evidências da ocorrência de  $O_2$  datando de 2,8 bilhões de anos são mais abundantes e diversas (geoquímica, morfológica e sedimentologicamente) do que as encontradas a 3,5 bilhões de anos.
- Apesar disso, essa evidência não é decisiva.

# Era Biológica:

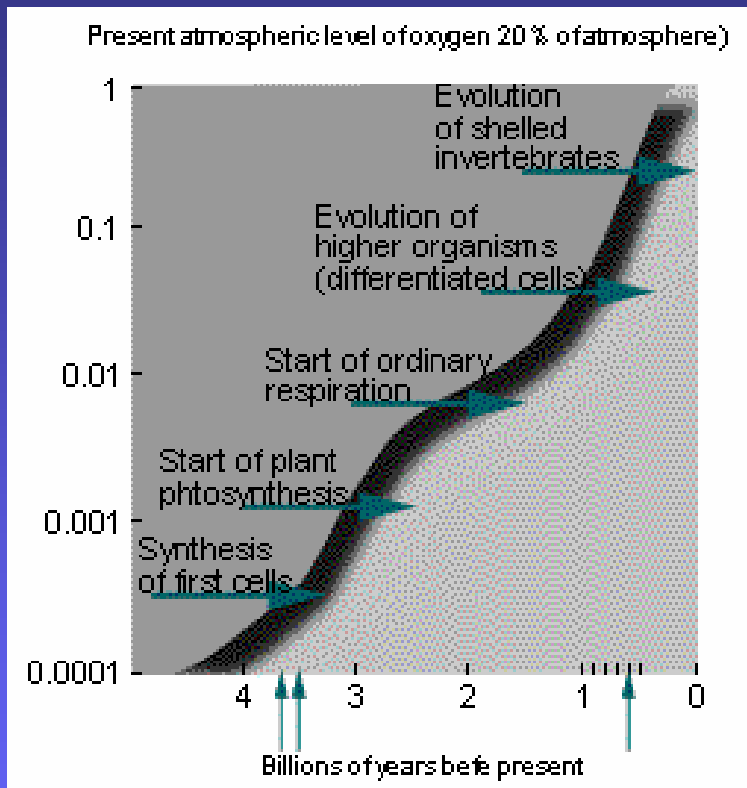
- Evidências de sedimentos mais jovens indicam que a fotossíntese oxigênica certamente se desenvolveu antes de 2,2 bilhões de anos atrás.
- Formação dos **oásis de oxigênio**, ambientes **restritos** onde a abundância de  $O_2$  provavelmente atingiu cerca de  $5 \times 10^{-8}$  PAL (present atmospheric levels).

- **Metabolismo aeróbio (células com anti-oxidantes):** desenvolveu-se dentro deste oásis.
- fotossíntese oxigênica é **mais eficiente** que anoxigênica → no. de oásis cresceu.
- Assim, todo o  $O_2$  da atmosfera terrestre proveio da fotossíntese.

- **Importante:**
- A disponibilidade de  $O_2 \rightarrow$  **diversificação das vias metabólicas**, e a um grande aumento de eficiência.
- Acúmulo de  $O_2$  na estratosfera + luz do sol  $\rightarrow$  **ozônio ( $O_3$ )**,  $\rightarrow$  **colonização dos continentes**,
- início pelas plantas vasculares, há cerca de 400 milhões de anos.

- Atmosfera atual → requereu  $O_2$  suficiente para sustentar a vida e requereu vida para produzir suficiente  $O_2$ .
- A Era Biológica foi marcada pelo aumento simultâneo do  $O_2$  e decréscimo do  $CO_2$ , até manutenção de ~20% de  $O_2$  nos dias atuais.
- Importância da manutenção dos níveis destes gases: controle do efeito estufa (Temp. média da Terra em torno de  $15^\circ C$ ).

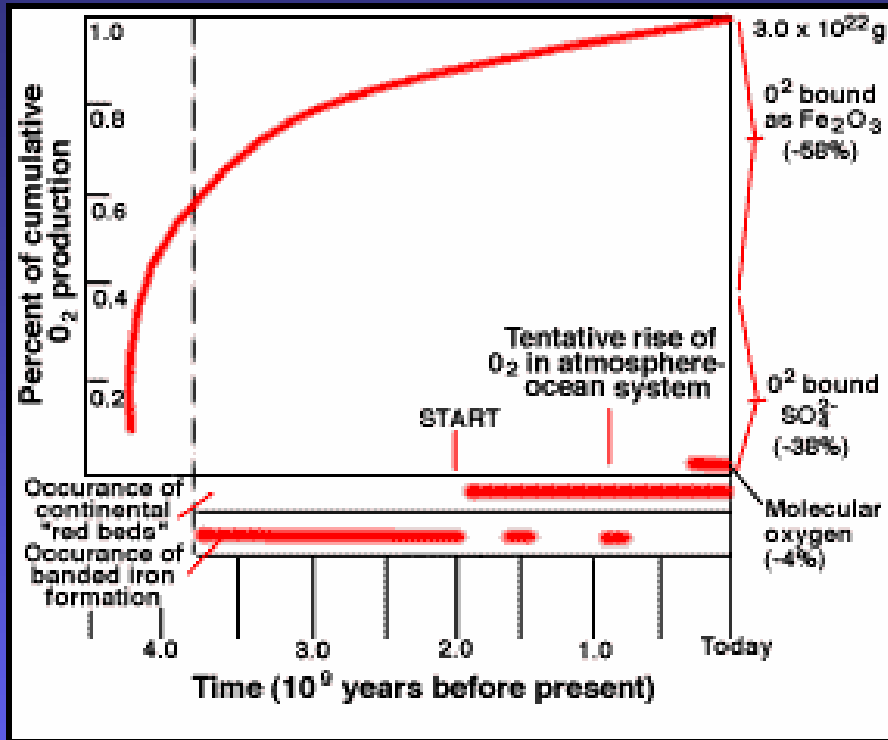
# Era Biológica



- Início do metabolismo eucariótico (respiração) → quando o nível de  $O_2$  atingiu cerca de 0.2%, ou ~1% da sua abundância atual (+/- 2 bilhões de anos atrás).

- Hoje: as formas de vida anaeróbica estão restritas a habitats anóxicos (baixo ou sem oxigênio) como lagunas, banhados, pântanos, interior de sedimentos terrestres ou marinhos.

# Era Biológica



- Portanto:  $O_2$  atmosférico  $\rightarrow$  produto de excreção dos organismos fotossintéticos.
- Antes do  $O_2 \rightarrow$  enterramento da matéria orgânica sem decomposição  $\rightarrow$  petróleo.

↑ do  $O_2$  na atmosfera antes do Cambriano  $\rightarrow$  surgimento de todas as formas superiores de vida.

História documentada pela preservação de minerais oxidáveis, bandas de deposição de ferro no sedimento oceânico e sedimento vermelhos (red beds) nos continentes



o

† Todos os animais e vegetais que **respiram** usam oxigênio e produzem  $\text{CO}_2$  (outros são fermentadores).

ó

g

i

ç a Numa escala global: +/-trilhão kg de matéria orgânica seca é produzida pela fotossíntese por dia, e quase a mesma quantidade é convertida em  $\text{CO}_2$  pela respiração (há um excedente diário).

# O que mantém aos níveis de Oxigênio constantes em torno de 20%?

- Este não é um problema trivial.

Mecanismos de "feed-back" ainda não compreendidos mantêm os níveis atuais.

- Níveis são controlados pelos processos vitais sobre a Terra, que por outro lado controlam estes processos.
- Níveis <15% não permitiriam a combustão pelo fogo e sob níveis >25% mesmo a matéria orgânica úmida teria combustão espontânea!

# Bibliografia

- Allégre, C.J. & Schneider: "The evolution of earth" *Scientific American*, October 1994, 66-71, 74-75.
- Berer, R.A. "The rise of plants and their effect on weathering and atmospheric CO<sub>2</sub>. *Science*, 276:544-545, 1997.
- Bowring, S.A & Todd Housh "The Earth's early evolution". *Science*, 269:1535-1540, 1995.
- De Duve, C. "The beginnings of life on earth" *American Scientist*, 83:428-437, 1995
- Dismukes GC, Klimov VV, Baranov SV, Kozlov YN, DasGupta J, Tyryshkin A. "The origin of atmospheric oxygen on Earth: the innovation of oxygenic photosynthesis". *Proc Natl Acad Sci U S A*. 98(5):2170-5. 2001.
- Delsemme A.H. : "The deuterium enrichment observed in recent comets is consistent with the cometary origin of seawater". *Planetary and Space Science*, 1999, Vol.47, No.1-2, pp.125-131
- Holland, H.D. "Evidence for life on Earth More than 3850 Million years ago" *Science*, 275:38-39, 1997
- Monastersky, R."The rise of life on Earth", *National Geographic*, March 1998, 54-81.
- Raven, P.E. & Eichorn, S.E., 1999. *Biology of plants*. 6th ed. W.H. Freeman and Company Worth Public. (cap. 1)
- Raymond, J & Blankenship, R.E. 2008. *The origin of oxygen-evolving complex*

- Obsv. As fotografias e esquemas apresentados nesta aula foram obtidos na internet e estão sem os créditos, portanto devem ser utilizados apenas para finalidades de estudo pessoal.