

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
**LSN 5897 – Matéria Orgânica do solo**

# **The Evolution and Future of Earth’s Nitrogen Cycle**

Donald E. Canfield, Alexander N. Glazer, Paul G. Falkowski.

Science, v. 330, n. 192, p.192-196, 2010.

**Discentes:**

Juliana Zucolotto; Lucas Nogueira, Matheus Graffitti , Pedro Favero, Renata Mota Lupp

# Sumário

Introdução

Ciclo Moderno do Nitrogênio

Ciclo Pré- biótico do Nitrogênio

Influência dos primeiros organismos do ciclo no N com  
as mudanças da Terra

Interferência humana no ciclo do N

Futuro do ciclo do Nitrogênio



O ciclo no N era regido por  
fatores abióticos  
“Ciclo Pré biótico”

Microrganismos

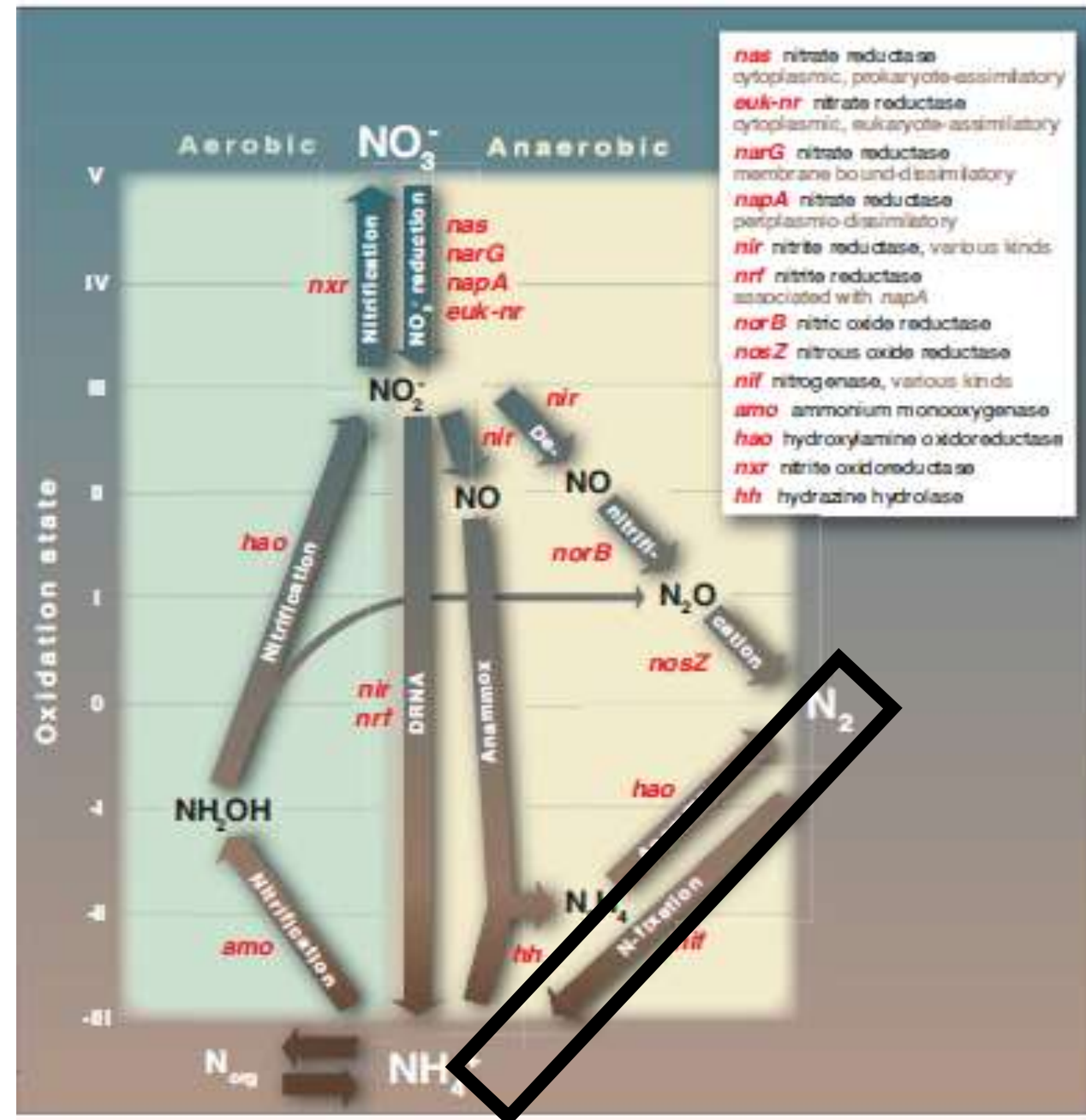
Homem



O ciclo no N é regido por  
fatores bióticos  
“Ciclo Moderno”

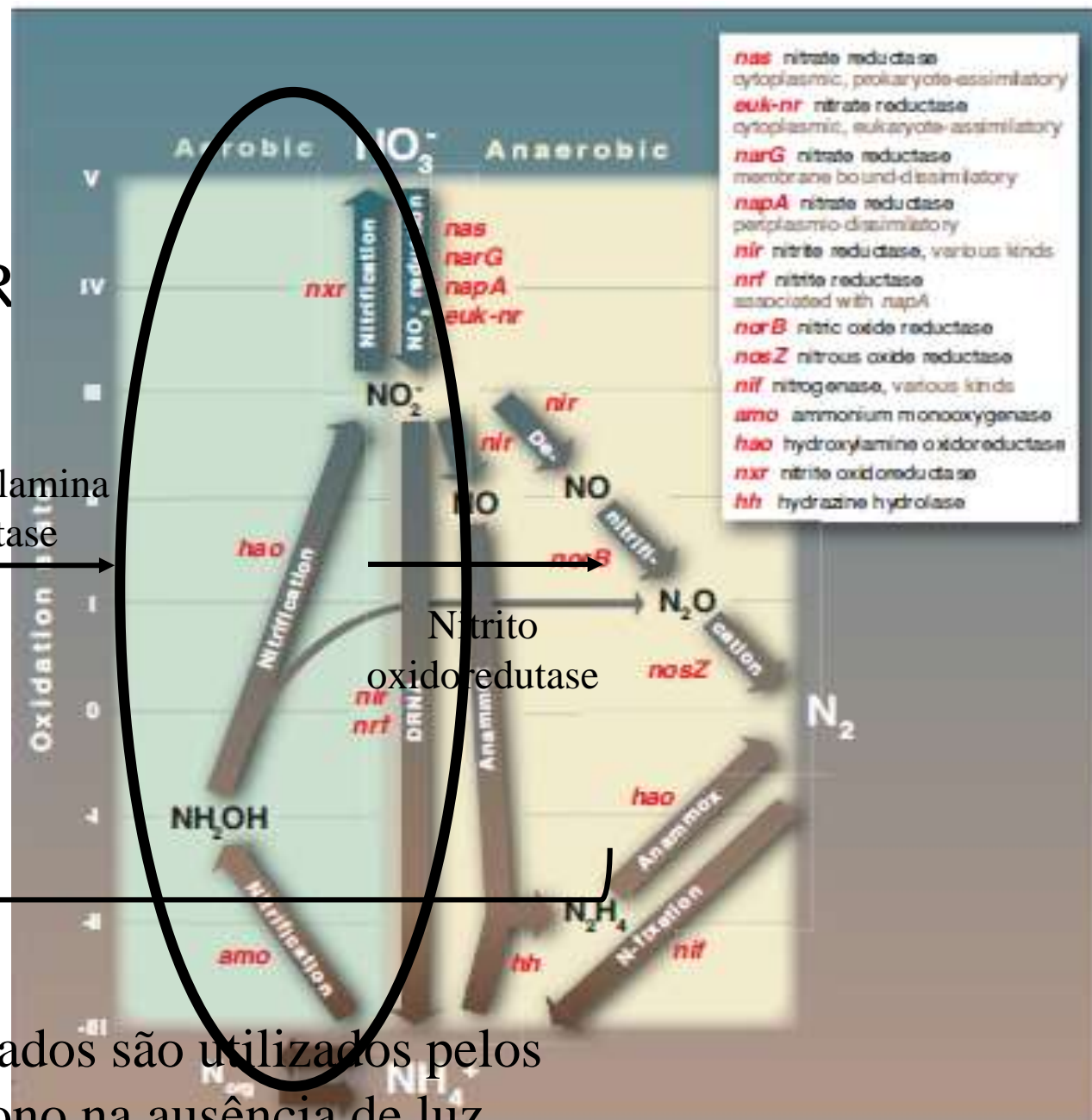
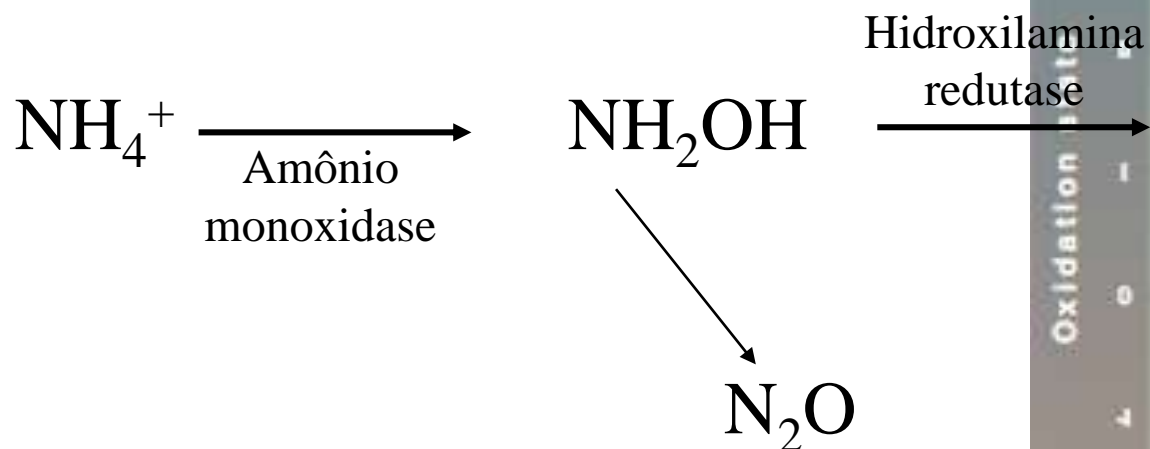
Está rompendo o ciclo  
moderno;  
Eutrofização;  
Liberação de  $N_2O$ .

- N é disponibilizado através da FBN;
- Requer **↑** Energia;
- Nitrogenase: Aglomerado metálico que fornece elétrons para o  $N_2$ ;
- Os genes da enzima são muito conservados (evolução e posterior dispersão);
- $NH_4^+$  fixado será transformado de diferentes formas, dependendo da presença ou ausência de  $O_2$ .



# Presença de O<sub>2</sub>

- Ocorre a oxidação de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = NITR

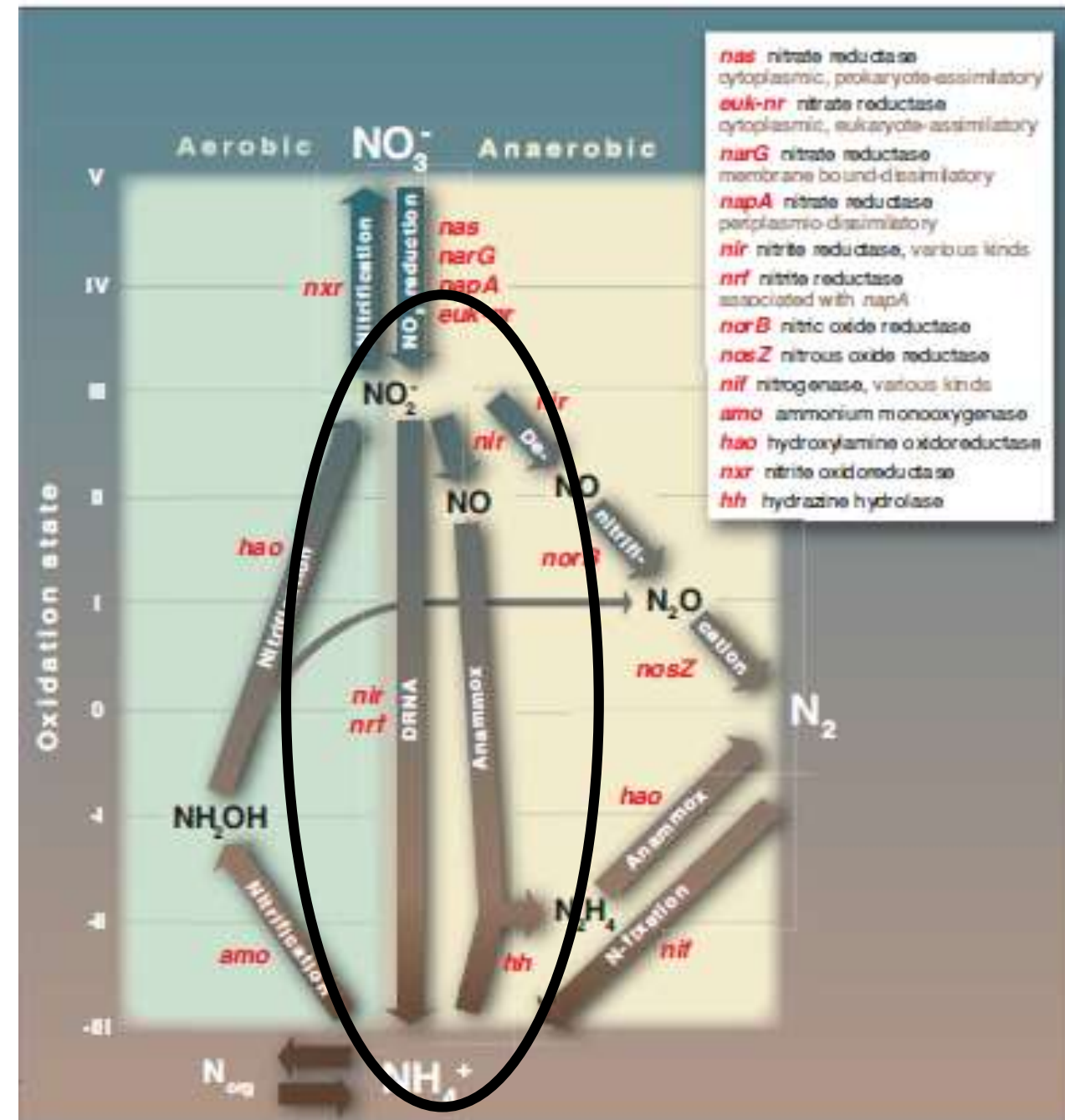


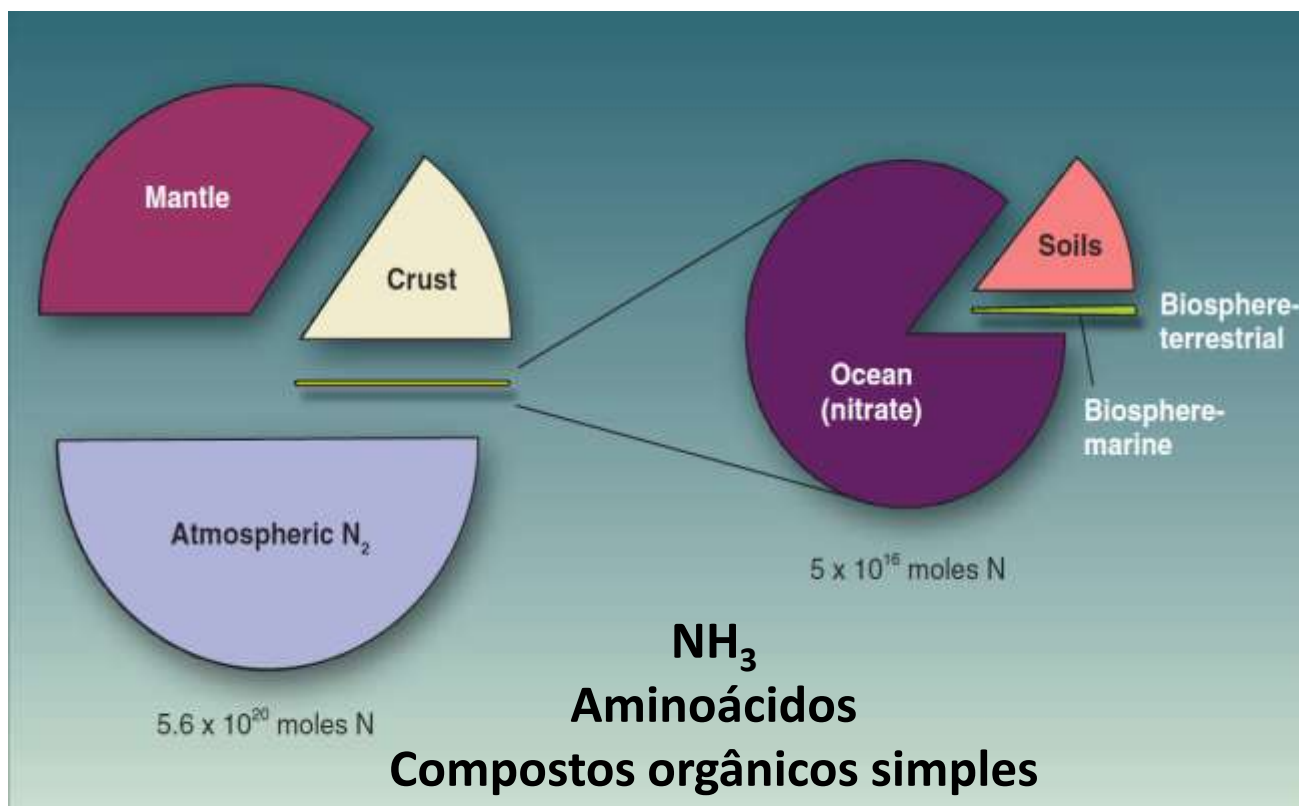
Tanto os elétrons como os prótons gerados são utilizados pelos organismos na assimilação de carbono na ausência de luz



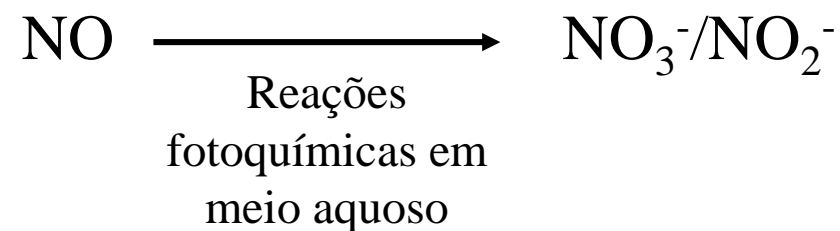
## ANAMMOX (*Planctomycetes*)

- Ambientes aquáticos;
- Oxidação de  $\text{NH}_4^+$  junto a redução de  $\text{NO}_2^-$ ;
- Não há formação de  $\text{N}_2\text{O}$ ;
- DESNITRIFICAÇÃO } Devolvem o  $\text{N}_2$  para atmosfera e completam o ciclo do N
- ANAMMOX





- Oxidados sob altas temperaturas;
- Interação com metais e outros elementos em transição;
- Liberado por vulcões;
- **Modelos mais modernos:**
- Choque térmico = NO



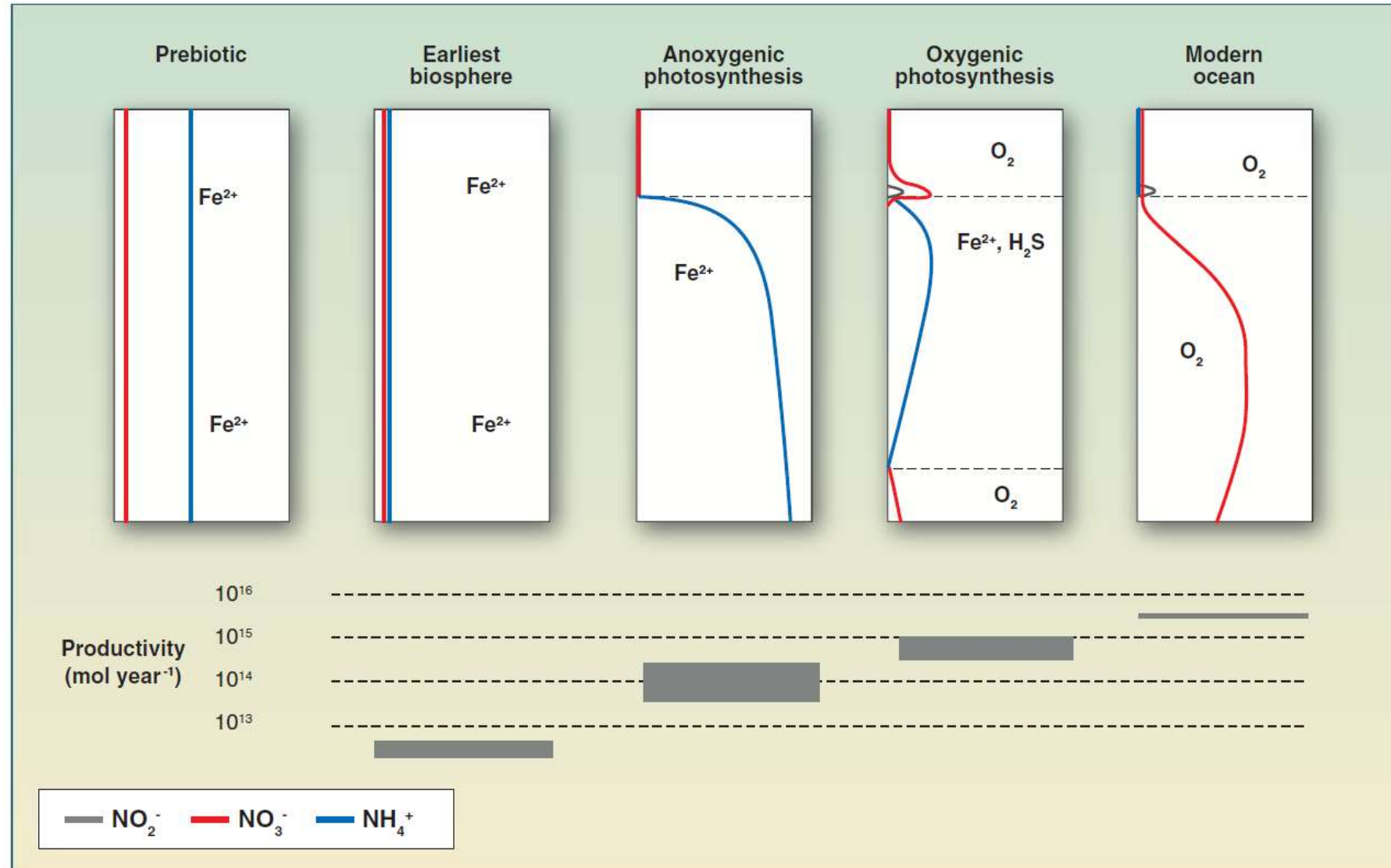


# Transformações do Nitrogênio

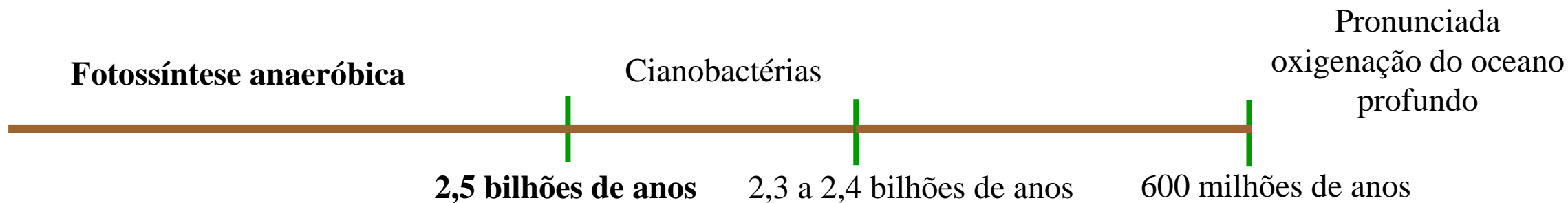
- $\text{N}_2 \longrightarrow \text{NH}_3$
- Cerca de 50 a 5000 vezes menor que a FBN pelos oceanos;
- $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-/\text{N}_2 \longrightarrow \text{NH}_4$
- Altas temperaturas e interação com Fe, magnetita e sulfeto de Fe;
- $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{N}_2$
- Oxidação ultravioleta.

# Influência dos primeiros organismos no ciclo do N

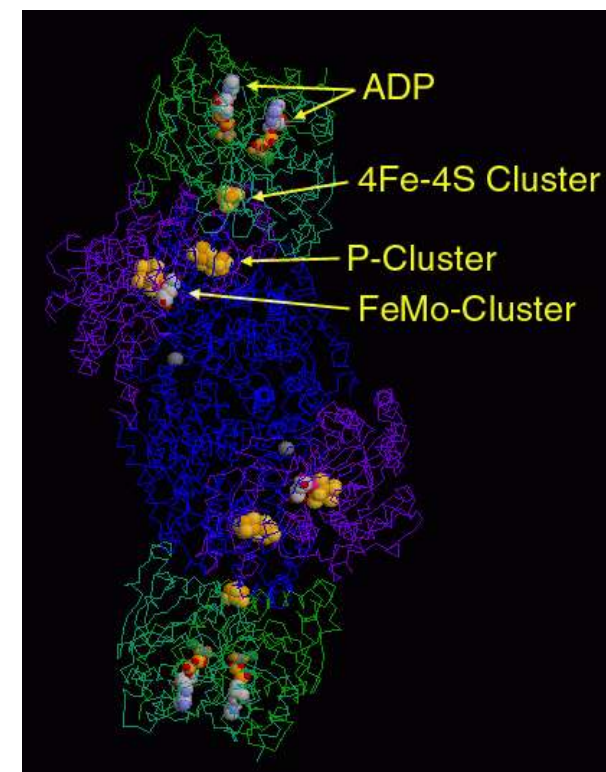
- Organismos Quimiolitotrófico (redução de  $H_2$ );
- Estratificação dos Oceanos (Acúmulo de amônio em profundidade);
- **Evolução da FBN (em organismos de fotossíntese anóxica).**



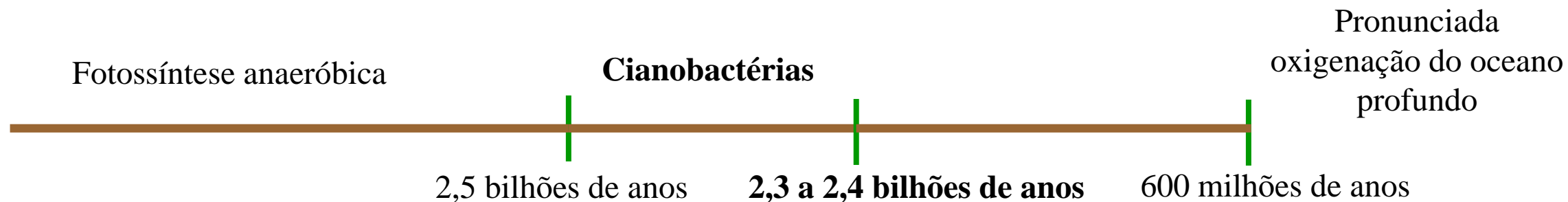
# FOTOSSÍNTESE ANAERÓBICA



- Baixo  $O_2$  e  $Fe^{+2}$  ficava dissolvido;
- Genes Parálogos na codificação da nitrogenase.



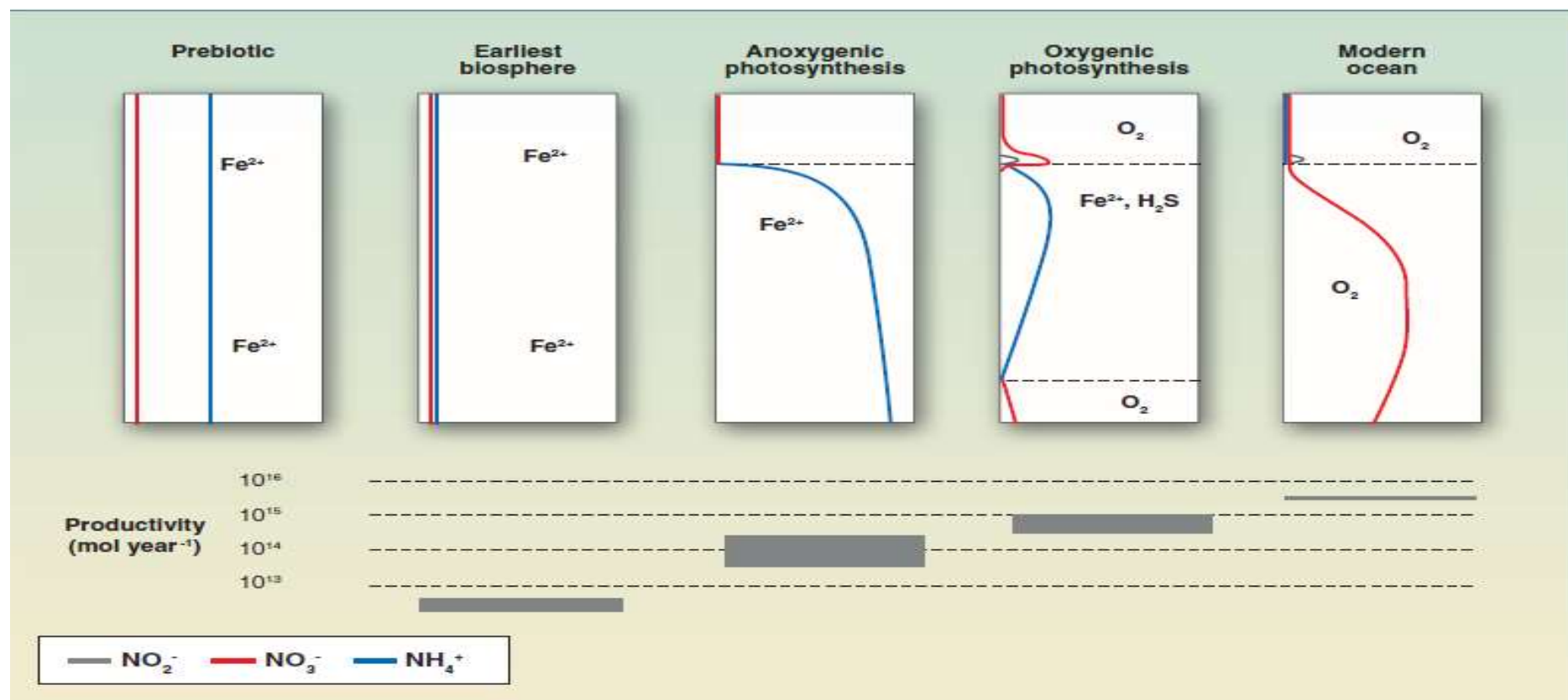
# FOTOSSÍNTESE AERÓBICA



- O momento da evolução das cianobactérias é incerto;
- Presente na parte superficial dos oceanos (transição entre  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{Fe}^{+2}$ ).

# Interação entre Oxigênio e Nitrogênio

- Fototróficos oxigenados na parte superior do oceano (transição entre  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{Fe}^{+2}$ );
- **Perda de nitrogênio e carbono fixado nas águas profundas**



# Evolução do Ciclo Moderno do Nitrogênio

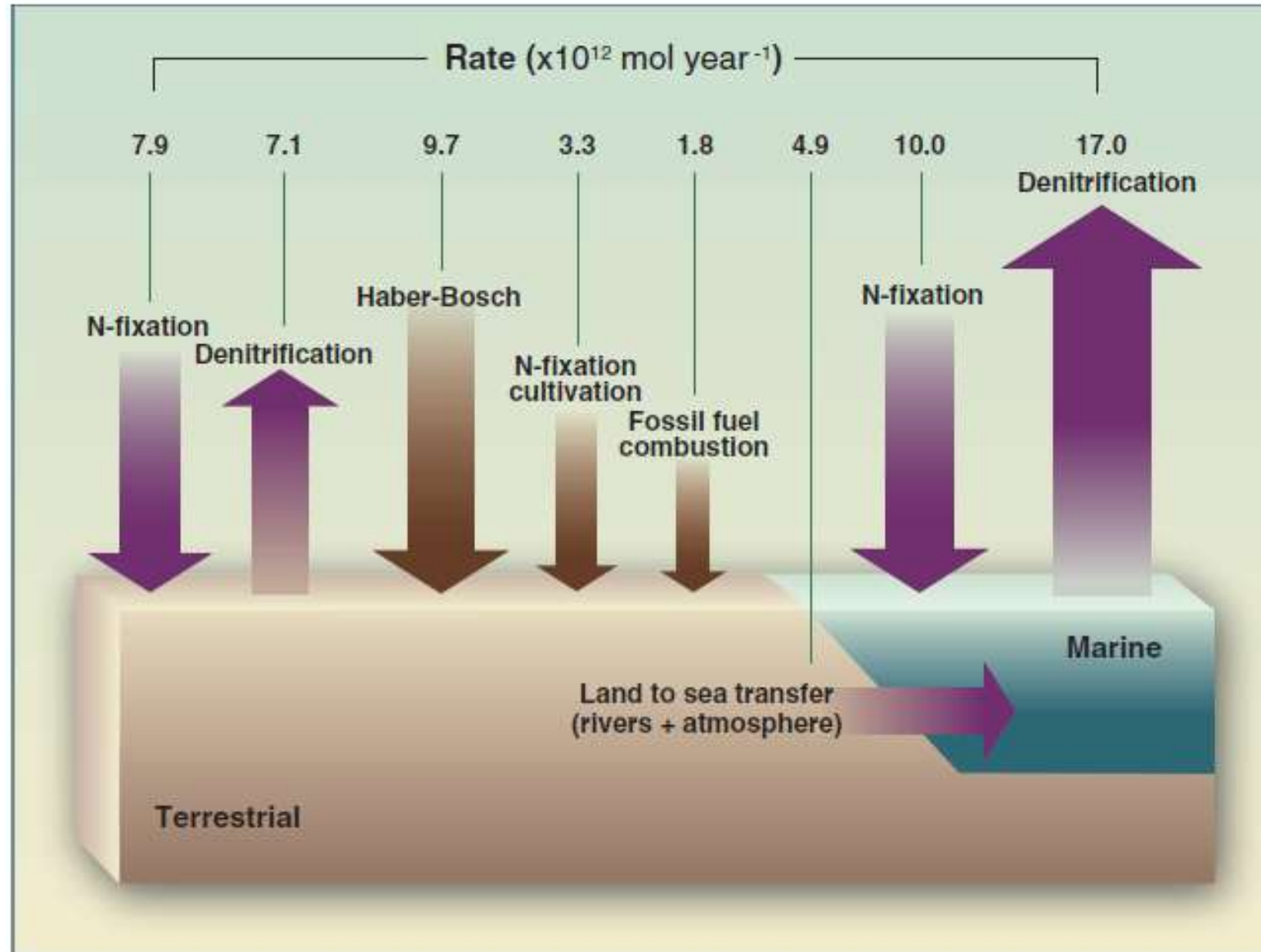
- ↑ Níveis de  $O_2$  → ↑ Plantas terrestres;
- ↑ Oxigenação nos Oceanos → Predomínio de  $NO_3^-$ ;
- Equilíbrio entre a “produção” de N na Terra e no Mar.

# Evolução do Ciclo Moderno do Nitrogênio

- Ciclo Terrestre → Equilíbrio entre Desnitrificação e Fixação;
- Grande parte do N transferido da Terra para Oceano:
  - Perdas por adição do Homem (adubação – lavados ou volatilizados);
  - Transporte Atmosférico de Fases Gasosas para oceanos.
- Oceanos – desnitrificação > fixação e adição do homem;
  - Desequilíbrio no sistema.



# Fluxos de Nitrogênio no Ciclo Moderno



# Evolução do Ciclo Moderno do Nitrogênio

- **Modo Geral:**

- Regiões com baixo teor de  $O_2$  → forte desnitrificação;
- Regiões com alto teor de **ferro** → Fixação  $N_2$ .



- **Nitrogenase** → Alta demanda de Fe;
- Presença varia nos diferentes lugares;
- Déficit de N devido as perdas do N fixado por desnitrificação.

# Atividade humana no ciclo do N

**Processos industriais para a redução de  $N_2$  a  $NH_4^+$**

**Uso de fertilizantes nitrogenados aumentou cerca de 800%**

**Emissões de  $N_2O$  em sistemas agrícolas**



# Contribuição antropogênica para o ciclo do N

Queima de combustíveis fósseis

$1,8 \cdot 10^{12}$  mol de N

Processo industrial de produção de  $\text{NH}_4^+$

$9,5 \cdot 10^{12}$  mol de N

Fixação de  $\text{N}_2$   
Forrageiras leguminosas

$2,4 \cdot 10^{12}$  mol de N ano<sup>-1</sup>

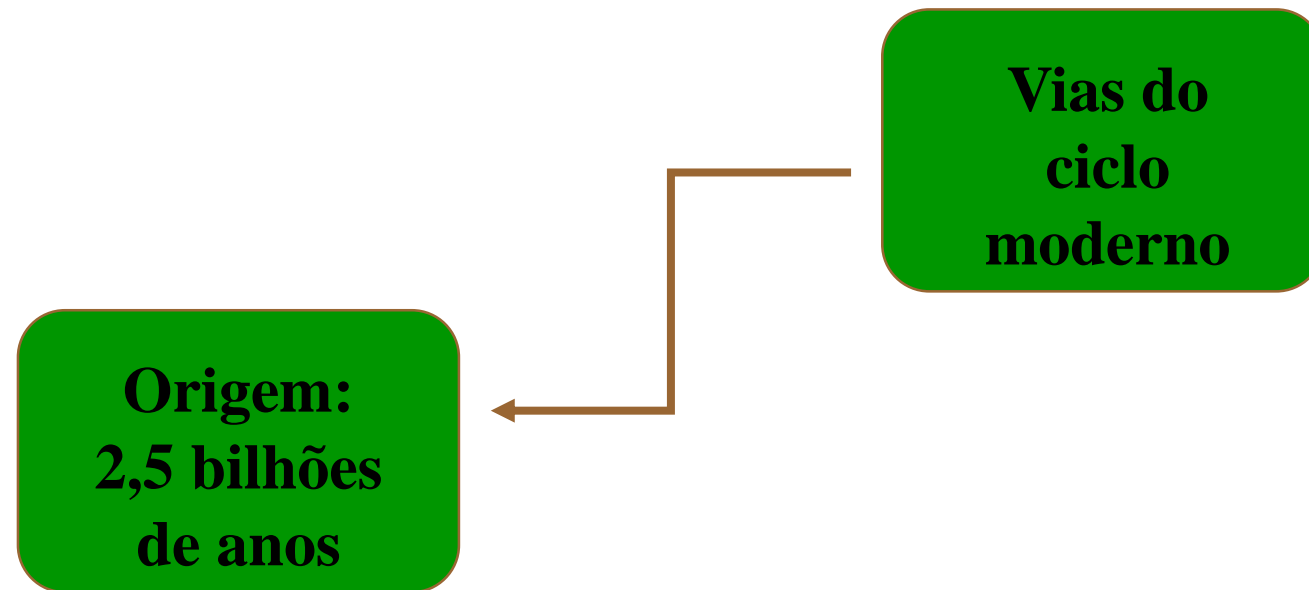
Fontes antropogênicas:

2 x taxa natural de fixação do

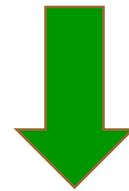
$\text{N}_2$

(45% do N fixado anualmente)

- Os seres humanos podem ter produzido o maior impacto no ciclo do nitrogênio.



“Feedbacks” naturais dos microrganismos



**Estado estacionário**

(Remoção a taxas equivalentes às taxas de adição)

- Até 2050 ↑ População ↑ Demanda por N fixado ↑ N em zonas costeiras.
- **Para a redução do uso de N:**
  - Rotação de culturas;
  - Otimização das quantidades de fertilizantes aplicados;
  - Melhoramento genético para o aumento da eficiência do uso;
  - Desenvolvimento de cereais e outras culturas que possam fixar o N por associação endossimbiótica com bactérias.

# Resultado

“Mesmo com a administração, o ciclo futuro provavelmente **será diferente** daquele que precedeu a Revolução Industrial.”



A cross-section of soil showing a dense network of roots extending from green grass at the surface down into the ground. The roots are light brown and form a complex, branching structure. The soil is dark brown and appears moist. The grass is vibrant green and grows in a dense mat at the top. The background is a solid light blue color.

Obrigado!