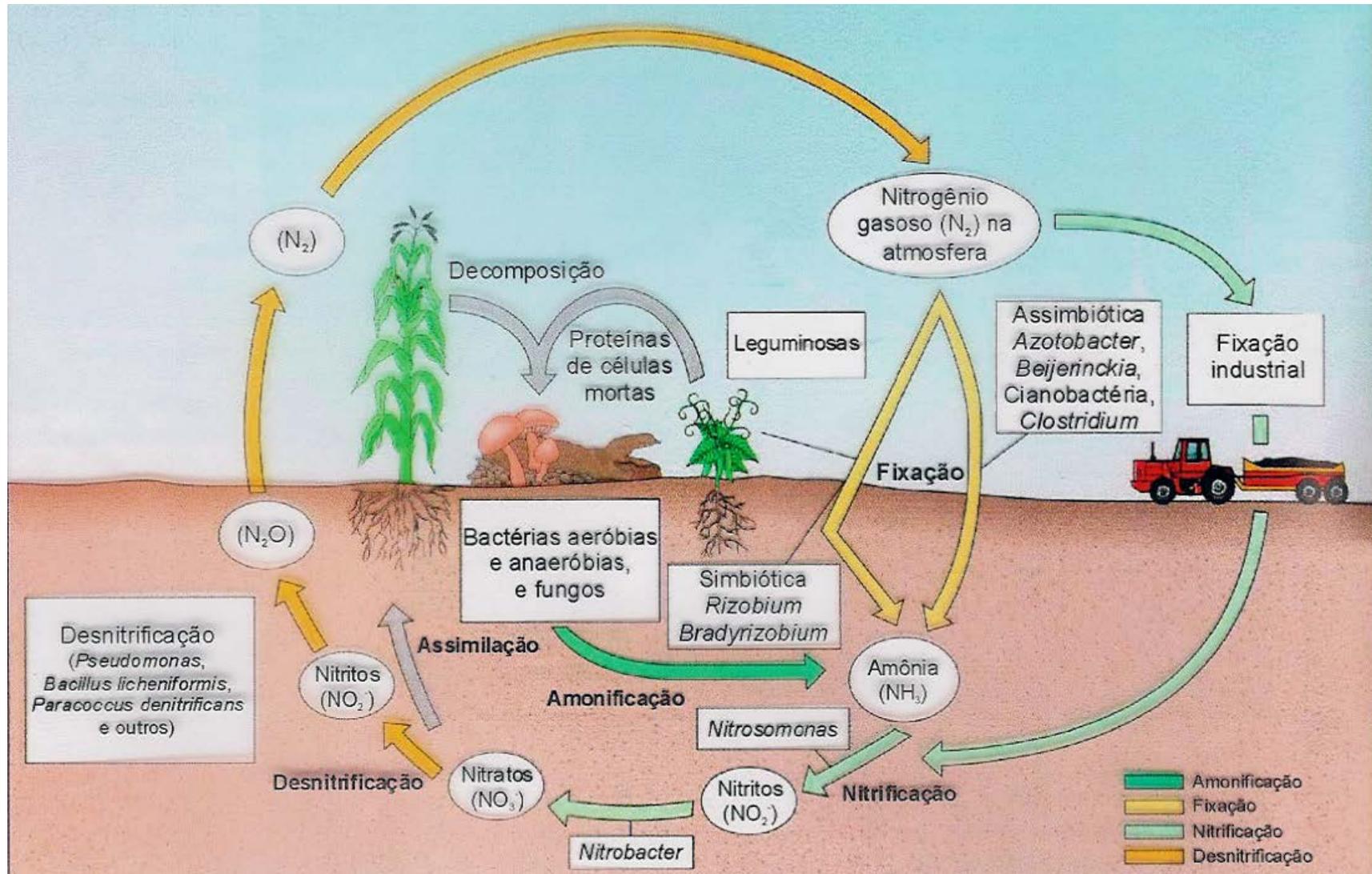


# Transformações do Nitrogênio no Solo

# Ciclo do nitrogênio



# Fontes de N-inorgânico

- ✓ **Fertilizantes obtidos a partir da NH<sub>3</sub> produzida pelo processo Haber-Bosch**



- ✓ **NH<sub>3</sub> pode ser usada diretamente como fertilizantes**
- ✓ **NH<sub>3</sub> pode reagir com CO<sub>2</sub> para produzir uréia,**
- ✓ **NH<sub>3</sub> pode ser oxidada a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e reagir com mais NH<sub>3</sub> para formar NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>**
- ✓ **NH<sub>3</sub> pode reagir com ácido sulfúrico para produzir (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ou com ácido fosfórico para produzir fosfatos de amônio (DAP, MAP)**

# Fontes de N-orgânico

- ✓ **esterco animal**
- ✓ **lodos de tratamento biológico de esgoto e águas residuárias**
- ✓ **composto de resíduo sólido urbano**
- ✓ **resíduos do processamento de alimentos**
- ✓ **resíduos industriais**
- ✓ **resíduos de culturas anuais**
- ✓ **resíduos florestais**

# Fontes de N-orgânico no solo

**Proteínas**

35 a 50%

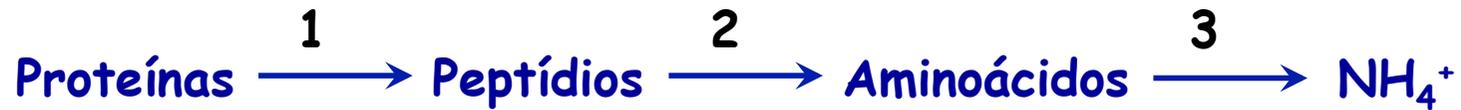
**Paredes celulares (quitina, peptídeo-glicanas)**

5 a 10%

**Ácidos nucléicos**

5 a 10%

# Mineralização do N-orgânico



1. Proteases
2. Peptidases
3. Desaminases
  
4. Quitinases
5. Quinases
6. Desaminases

**AMONIFICAÇÃO**  $\rightarrow$

# Condições ótimas para amonificação

- ✓ Temperatura: <5 a >40 °C
- ✓ Umidade: <50 a 100% da capacidade de retenção do solo
- ✓ pH: ocorre em ampla faixa, devido à diversidade de microrganismos amonificantes.

# Microrganismos amonificadores

**Bactérias aeróbias, facultativas e anaeróbias estritas**

Pseudomonas, Bacillus, Clostridium, etc

**Fungos**

Alternaria, Aspergillus, Mucor, Penicillium, Rhizopus, etc

**Actinobactérias**

**População média -  $10^5$  a  $10^7$  UFC  $g^{-1}$  solo**

## Teor total e mineralizável de N em resíduos

Resíduo Orgânico	N Total (%)	N-mineralizável (%)
Esterco de gado de corte	1,3-1,8	25-35
Esterco de gado de leite	2,5-3,0	25-40
Esterco de galinha	4,0-6,0	50-70
Esterco de Porco	3,5-4,5	30-50
Lodo de digestão aeróbia	3,5-5,0	25-40
Lodo de digestão anaeróbia	1,8-2,5	10-20
Lodo com postado	0,5-1,5	(-10)-10
Resíduos de fermentação	3,0-8,0	20-50
Resíduos do processamento de aves	4,0-8,0	40-60
Lodos de industrias de celulose e papel	0,2-1,0	(-20)-5

# Nitrificação

- ✓ Realizada por bactérias quimiolitotróficas, aeróbias obrigatórias e algumas espécies de arqueas (arqueas oxidantes de amônio, AOA)
- ✓ Altera o estado de oxidação do N de -3 para +5, e acidifica o solo
- ✓ Oxidação do amônio para nitrato ocorre em duas etapas

# Nitrificação

## 👉 Nitritação

realizada por bactérias dos gêneros *Nitrosomonas*,  
*Nitrospira* e *Nitrosococcus*



## 👉 Nitratção

realizada por bactérias dos gêneros *Nitrobacter*,  
*Nitrospira* e *Nitrococcus*



# Condições ótimas para nitrificação

- ✓ **Temperatura: 30-35°C**
- ✓ **Umidade: 50-70% da capacidade de retenção do solo**
- ✓ **pH: 6,6 - 8,0**
- ✓ **Produção de nitrato praticamente não ocorre em solos com pH menor do que 5,0**

# O papel das Archaea na nitrificação

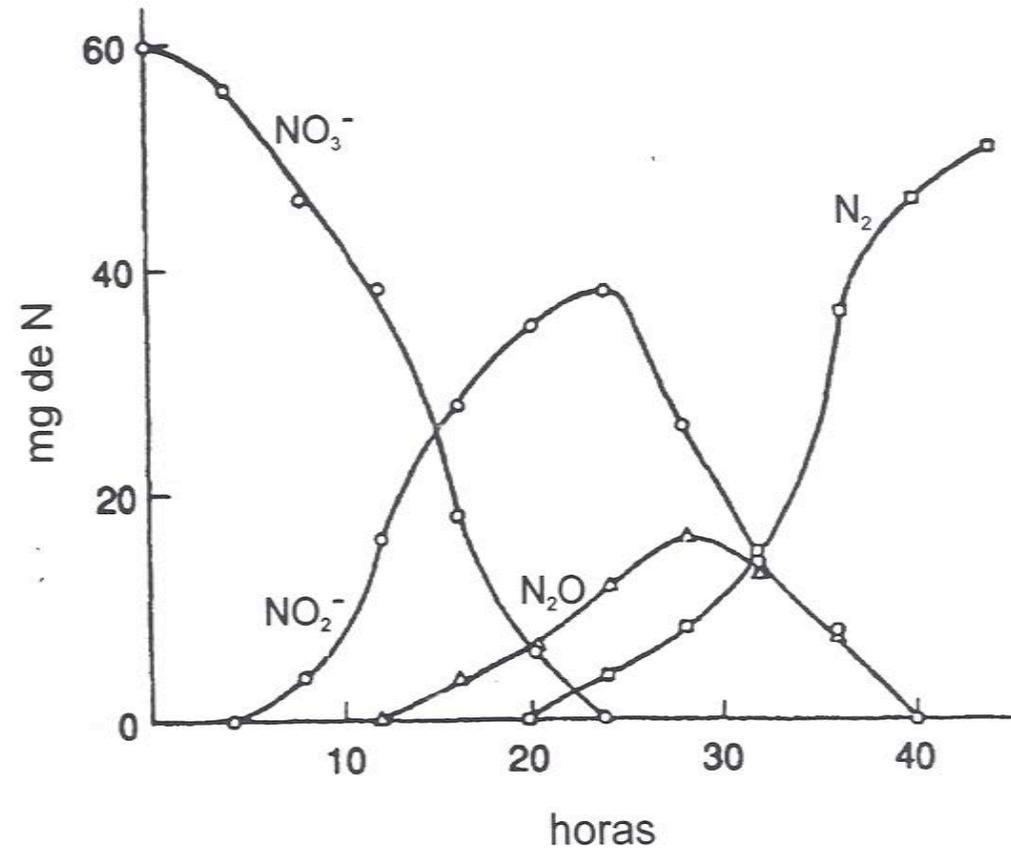
- ✓ Descrito em 2004-2005
- ✓ Presença de genes homólogos ao operon *amo* em DNA ambiental
- ✓ Grupo de Archaea próximo a Crenarchaeota
- ✓ Descrição de um novo filo - Thaumarchaeota

# Desnitrificação

- ✓ redução de nitrato para formas gasosas de N por bactérias anaeróbias (relação com potencial redox)
- ✓ altera o estado de oxidação do N de +5 para 0 em N<sub>2</sub>



# Cinética da desnitrificação



Solo de textura média, pH 7,8

# Fatores que afetam a desnitrificação

- ✓ Presença de nitrato no solo
- ✓ Fonte de carbono
- ✓ temperatura: 30°C (ocorre entre 2 e 75 °C)
- ✓ pH: 6,0 a 8,0
- ✓ Disponibilidade de oxigênio
- ✓ Potencial redox reduzido (aproximadamente +50 a +100mV)

# Microrganismos desnitrificadores

<b>Alcaligenes</b>	comum em solos
<b>Agrobacterium</b>	patógeno vegetal
<b>Bacillus</b>	termófilos
<b>Paracoccus</b>	quimiorganotróficos ou quimilitotróficos
<b>Propionibacterium</b>	fermentativos obrigatórios
<b>Pseudomonas</b>	não possui a enzima óxido nitroso redutase
<b>Rhizobium</b>	fixador simbiótico de nitrogênio
<b>Azospirillum</b>	fixador associativo de nitrogênio
<b>Thiobacillus</b>	quimiolitotróficos

# Manejo de N na agricultura

$$N_{\text{fertilizante}} = N_{\text{absorvido}} - (N_{\text{matéria orgânica}} + N_{\text{aportado}}) + N_{\text{perdido}}$$

- ✓ Evitar perdas de N por erosão, lixiviação e desnitrificação
- ✓ Fazer rotação de culturas com leguminosas
- ✓ Controlar a dose e época da aplicação do N, de acordo com a necessidade da cultura
- ✓ Utilizar fertilizantes de liberação lenta, ou matéria orgânica estabilizada (composto)
- ✓ Priorizar a fixação biológica do N em leguminosas e gramíneas

# Perdas de N por lixiviação e erosão

- ☞ Lixiviação de **nitrate** pode contaminar águas subterrâneas
- ☞ Associada com problemas regionais, tais como:
  - ✓ solos bem drenados
  - ✓ lençol freático elevado
  - ✓ produção animal altamente concentrada
  - ✓ irrigação intensa
  - ✓ disposição de resíduos orgânicos ou águas residuárias
- ☞ Escoamento superficial e erosão podem contaminar águas superficiais com diferentes formas de N, e causar eutrofização
- ☞ Práticas de manejo para evitar erosão diminuem o deslocamento de N em sedimentos

# Perdas de N por volatilização

☞ A volatilização de **amônia** está associada com:

- ✓ Aplicação superficial de fertilizantes
- ✓ Aplicação de resíduos orgânicos com baixa relação C/N
- ✓ Solos com baixa CTC
- ✓ Ambientes úmidos e com alta temperatura

☞ Consequências

- ✓ Perda de nutrientes
- ✓ Contaminação de águas vizinhas

# Problemas ambientais associados ao N

## ☞ $N_2O$ ou NO

- ✓ Chuvas ácidas, formação de  $HNO_3$
- ✓ Redução da camada de ozônio – oxidação do  $O_3$  pelo NO
- ✓ Efeito estufa –  $N_2O$

## ☞ Nitrato lixiviado

- ✓ Contaminação de águas subterrâneas
- ✓ Eutrofização de águas superficiais
- ✓ Descontaminação é um processo longo

## Relação C/N/P/S e disponibilidade de nutrientes

Relação			Imobilização (I) / Mineralização (M)	Disponibilidade
C/N	C/P	C/S		
>30	>300	>400	I > M	Diminuída
20-30	200-300	200-400	I = M	Inalterada
<20	<200	<200	I < M	Aumentada

No geral, a decomposição de restos culturais com 40% C e 1,6% N (relação C:N 25:1) resulta em I = M

Para a decomposição 100 kg de palhada (0,6% N) deve-se adicionar 1 kg de N

## Bibliografia recomendada

