

Universidade Federal de Santa Maria  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

# **O metabolismo microbiano na dinâmica de difusão de gases no solo**

Doutorando: Daniel Pazzini Eckhardt

## Aeração: fator limitante no desenvolvimento das culturas

Principais fatores físicos que afetam o desenvolvimento das plantas, Letey (1985) = **IHO**: (desde a umidade no solo no PMP, ou a resistência mecânica a penetração das raízes até a umidade na CC ou a umidade com a porosidade de aeração de 10%).

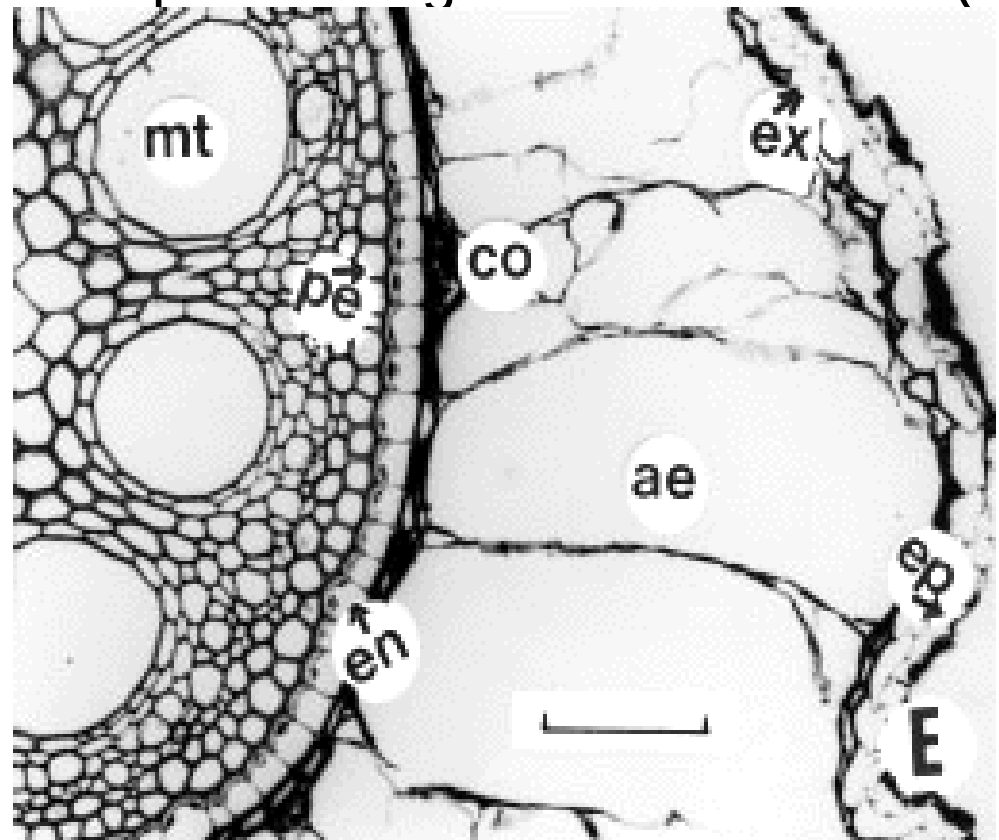
- Umidade elevada (baixa aeração)
- Compactação (baixa aeração)
- Baixa troca de gases com a superfície (respiração e toxicidade)

Aeração deficiente não fornece condições para o crescimento vegetal. O limite crítico inferior de aeração em relação ao crescimento das plantas é de 10% ( $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) (Lal & Shukla, 2004).

# Introdução

Exceção: **arroz** (Hillel, 2004)

**Aerênquima:** tecido constituído por células infladas ou grandes espaços intercelulares, formando cavidades no interior da planta preenchidas de ar. Possibilita a chegada de oxigênio e a retirada de gás carbônico das partes vegetais submersas (Taiz & Zeiger, 2004).



## Covecção

É controlado por variações de umidade, pressão barométrica e temperatura; rajadas de vento; infiltração de água; e a extração de água pelas raízes das plantas (Hillel, 2004).

$$q_g = - k_g \, dp/dx$$

Onde:  $q_g$  é a densidade de fluxo do gás,  $k_g$  é uma propriedade da matriz do solo e  $dP/dx$  é o gradiente de pressão total.

## Difusão

Permite o movimento de gás de uma área para outra, embora não exista gradiente de pressão para a mistura total dos gases. O gás se move em uma dada direção determinada pela sua pressão parcial.

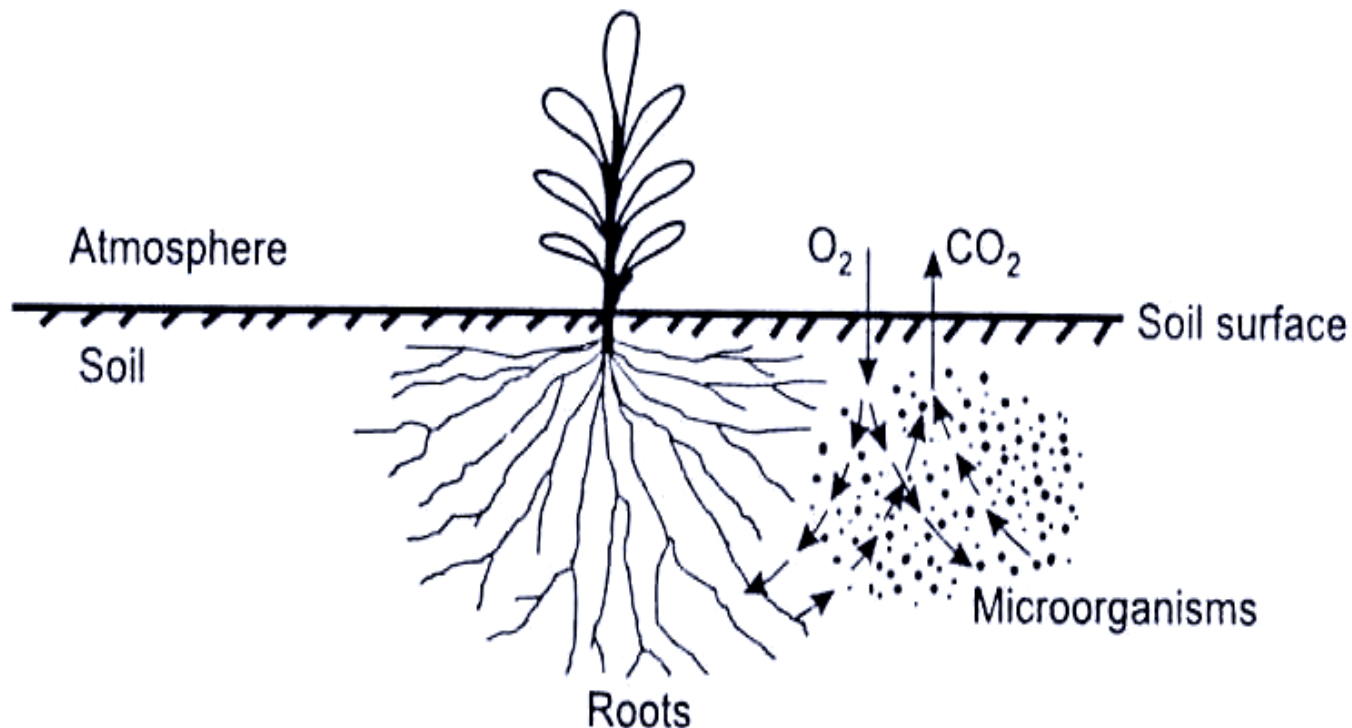
$$q_c = - k_c^{\text{ar}} dP_c/dz$$

Onde  $q_c$  é a densidade de fluxo de um componente no ar,  $k_c^{\text{ar}}$  é a difusividade do ar para o fluxo do componente,  $P_c$  é a pressão parcial do componente e  $z$  é a distância.

## Difusão

Exemplo: a maior concentração de  $O_2$  na atmosfera resulta em um movimento deste gás para o solo. Já o  $CO_2$  se move em direção oposta, uma vez que sua pressão parcial é superior na atmosfera do solo (van Lier, 2010).

Atmosfera: 21%  $O_2$ , 0,035%  $CO_2$  e 78%  $N_2$



Solo: 78%  $N_2$ , 20%  $O_2$ , 0,35%  $CO_2$

## Introdução

A retenção e a condução de fluídos no solo não é dependente da porosidade total, e sim do tamanho e distribuição de poros.

Os poros variam de 0,003 micrometros até fendas no solo (Lal & Shukla, 2004).

Macroporos: aeração/difusão de gases (maiores de 0,05 mm).

Microporos: retenção de água (menores de 0,05 mm).



# Movimento de gases no solo

atividade  
microbiana

tamanho  
da raiz

taxa de troca de  
gases do local  
com a superfície

estrutura

drenagem

A composição do ar  
depende

profundidade

temperatura

pH

época

densidade

Fatores que alteram a comunidade microbiana

Umidade (metabolismo)

Aeração (metabolismo)

Matéria orgânica (fonte de energia, recalcitrantes)

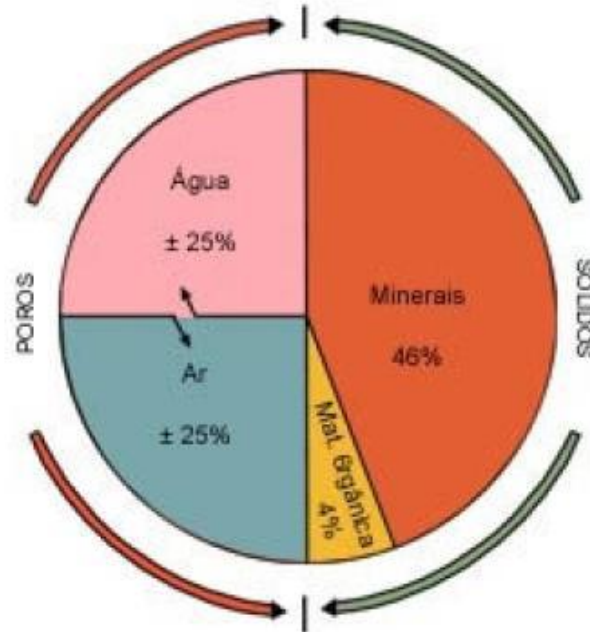
Presença de substâncias tóxicas (inibe grupos)

## Umidade

Porosidade = espaço aéreo resultante do arranjo das partículas minerais e orgânicas.

A umidade favorece/inibe a difusão de gases. Há um conteúdo de água que maximiza a respiração, acima deste ocorre limitação da difusão de  $O_2$

Quando 90% do espaço poroso é preenchido com água, as vias de trocas de gases com a atmosfera são bloqueadas.



## Ciclo do C

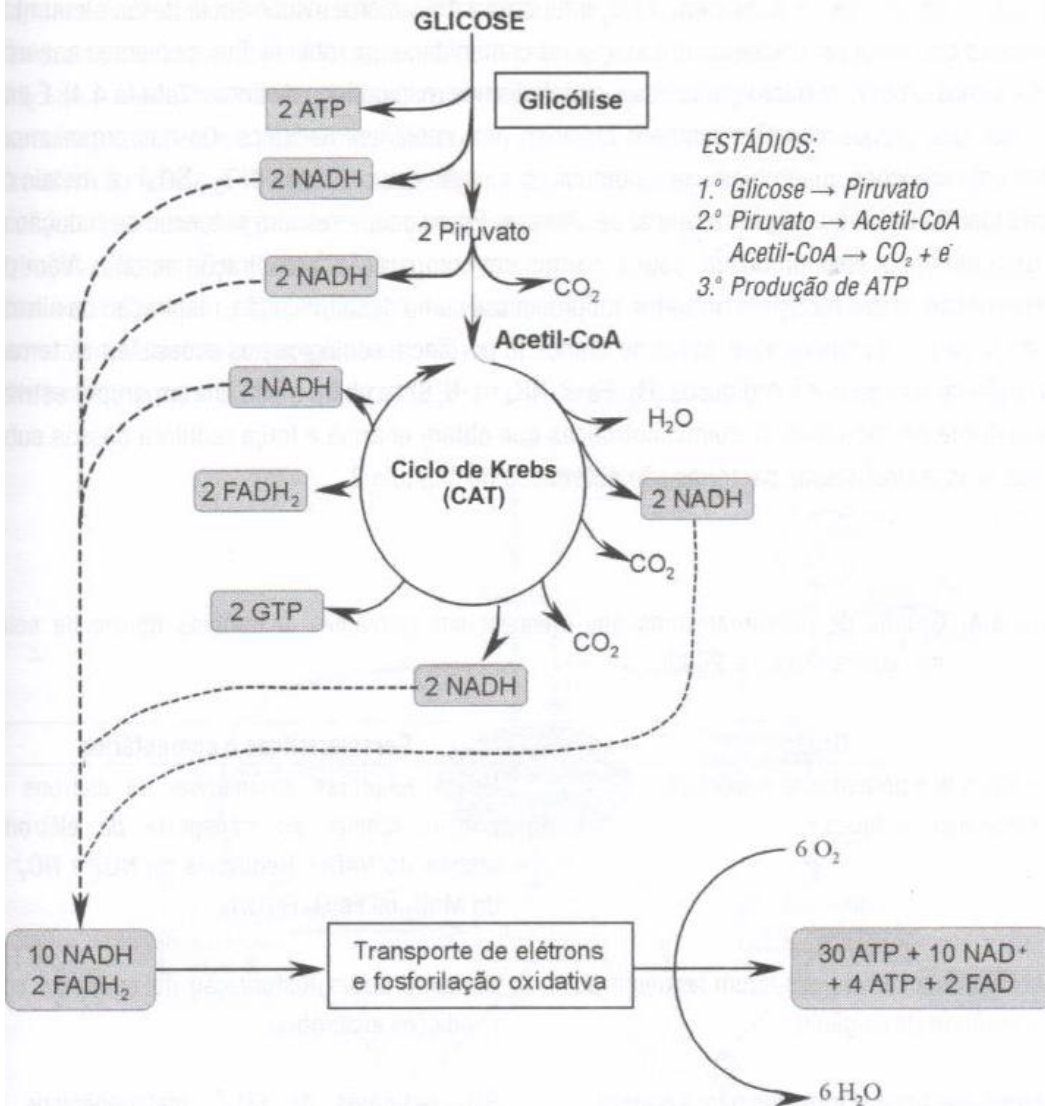
- Fotossíntese: processo fisioquímico onde os vegetais sintetizam  $\text{CO}_2$  e água, obtendo glicose, celulose e amido através de energia luminosa.
- Respiração: processo de extração de energia realizado pelos heterotrófos, resultando na produção de  $\text{CO}_2$ .



Metade do C assimilado pelas plantas é utilizado no metabolismo microbiano. O restante vai para fração orgânica do solo, é decomposto, ou é extraído como produto vegetal (Moreira e Siqueira, 2006).

# Difusão de gases no solo

Organismos aeróbios: necessitam  $O_2$  para o seu metabolismo.



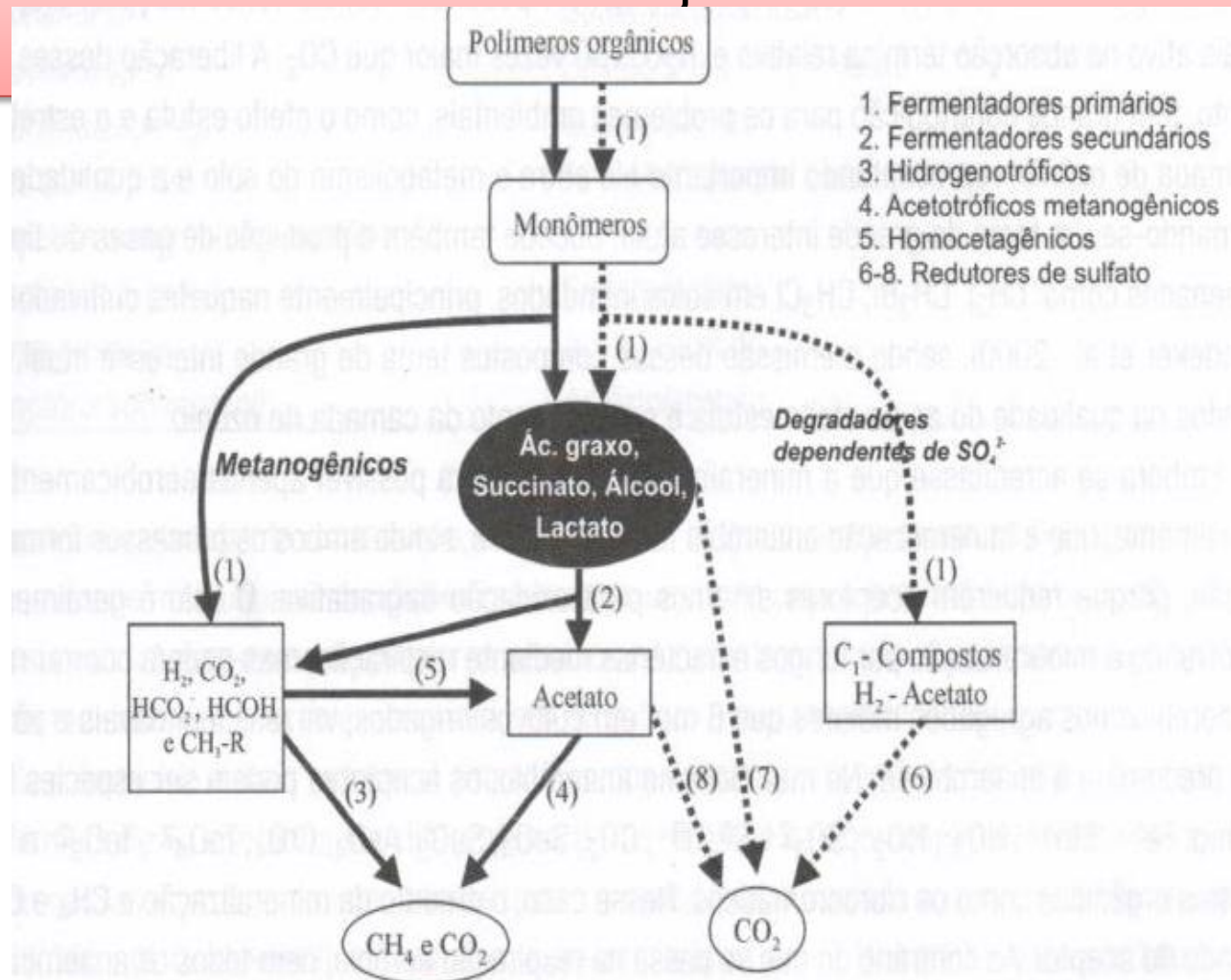
$O_2$  consumido deve ser repostado e  $CO_2$  produzido deve ser expelido (Hillel, 2004).

Quanto mais rápido as raízes e os microrganismos utilizam o  $O_2$  e liberam o  $CO_2$ , maior é a necessidade de troca de gases (Brady & Weil, 2002).

# Difusão de gases no solo

Anaeróbios obrigatórios:  $O_2$  é tóxico para o seu metabolismo.

Anaeróbios facultativos: tem a habilidade de se desenvolver na ausência de  $O_2$ , embora o metabolismo seja mais eficiente na presença de  $O_2$ .



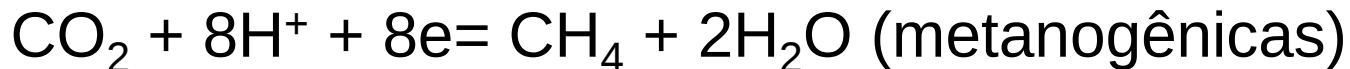
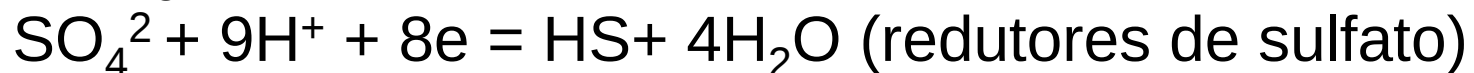
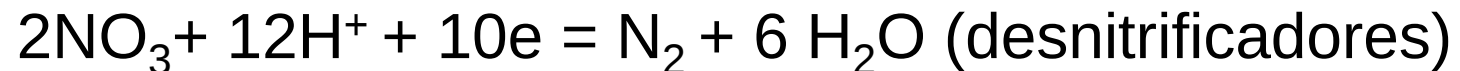
## Difusão de gases no solo

Anaeróbios facultativos utilizam compostos inorgânicos oxidados ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e metais oxidados).

Essa via de obtenção de energia resulta em: desnitrificação, respiração de nitrato, redução de sulfato e metanogênese.

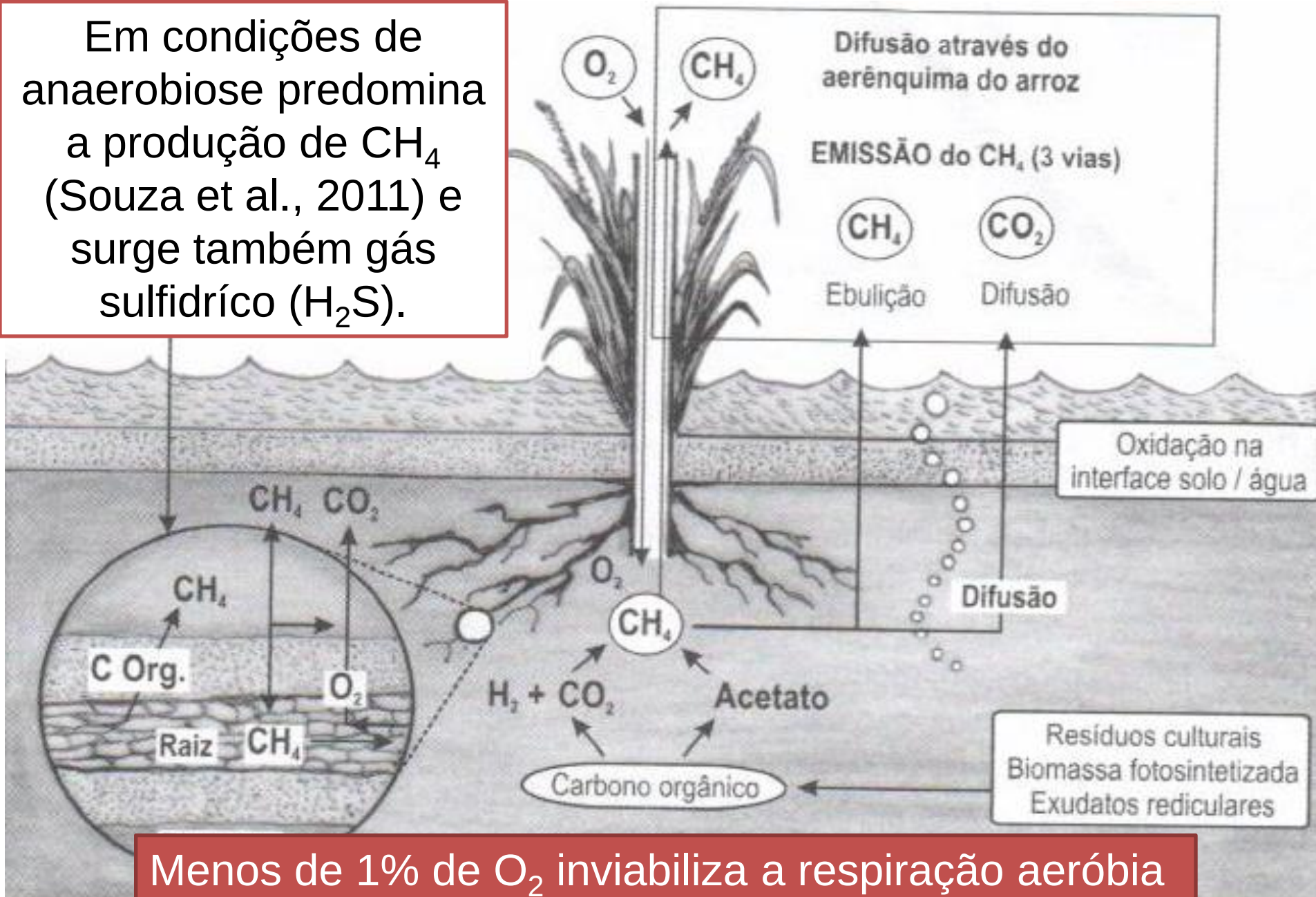
Outros retiram energia de vias anaeróbias, produzindo ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico) e álcoois (etanol e butanol) através da fermentação.

Essa via metabólica gera apenas **2 ATP**.



# Ambiente anaeróbico

Em condições de anaerobiose predomina a produção de  $\text{CH}_4$  (Souza et al., 2011) e surge também gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ).



## Gases

Do total de  $\text{CO}_2$  presente no solo de 50 a 80% é produzido pela população microbiana, enquanto as raízes produzem de 20 a 50% (Moreira & Siqueira, 2006).

Em casos extremos, o teor de  $\text{CO}_2$  atinge até 10%, se tornando tóxico para alguns processos da planta (Brady & Weil, 2002).

As concentrações de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  no solo, somadas, nunca é superior a 21% do volume de gases (Lal & Shukla, 2004).

## Ambientes anaeróbios

Também estão presentes, em menores concentrações  $\text{NH}_3$  (amônia),  $\text{N}_2$ ,  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre) mais alguns compostos orgânicos voláteis, que são formados a partir da decomposição da matéria orgânica por microrganismos anaeróbios.

O metabolismo anaeróbio também produz o etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ). Este gás é tóxico para as raízes mesmo em concentrações inferiores a 0,0001% (Brady & Weil, 2002).