

Gênese e manejo da acidez do solo no sistema plantio direto

Dr. João Carlos de Moraes Sá

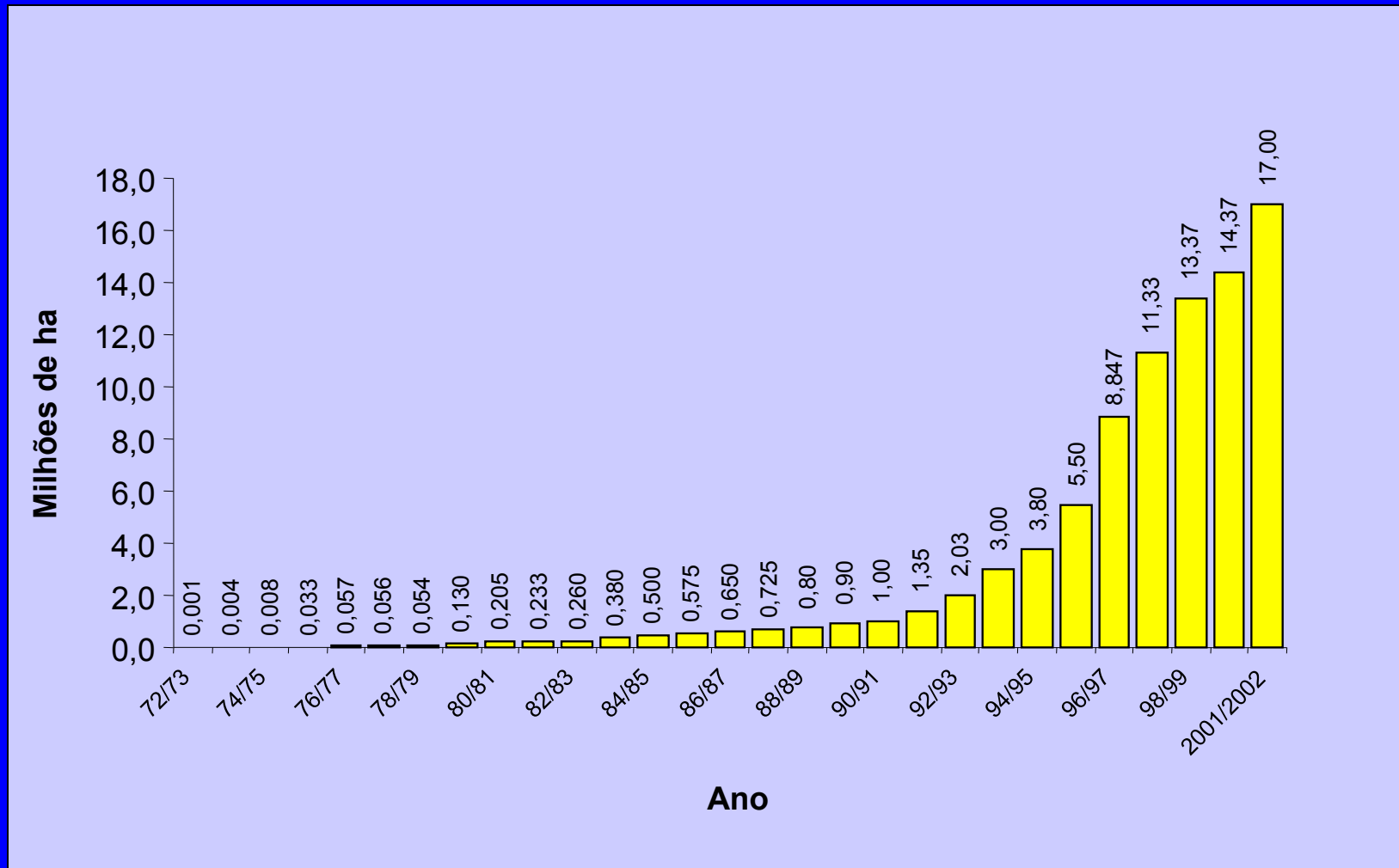
**Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Ponta Grossa, PR**

Fone: (42) 220-3090, e-mail: jcmsa@uepg.br

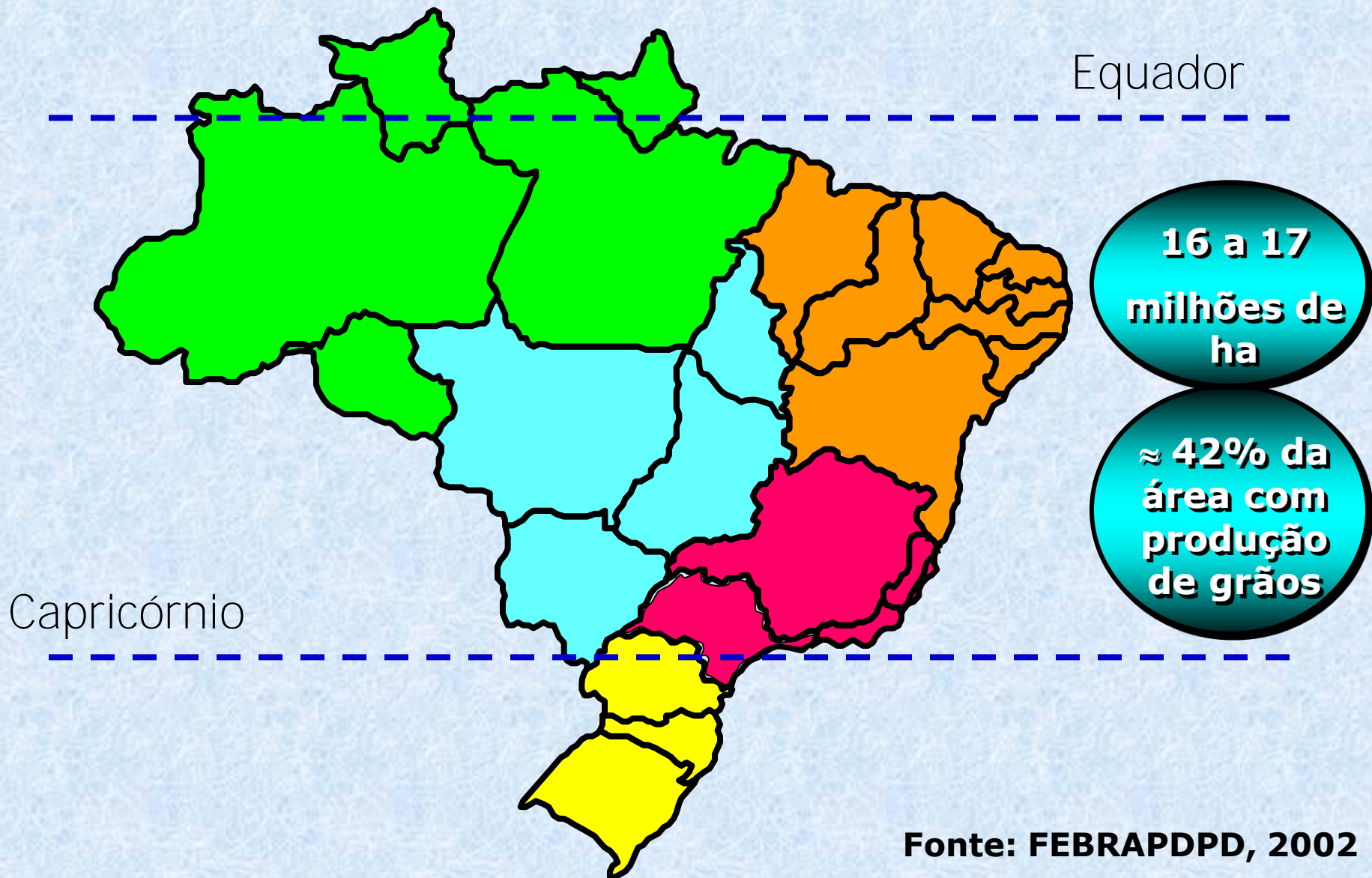
Sumário

- ✓ **Origem da acidez em solos com carga variável**
- ✓ **Alterações em atributos da fertilidade do solo com a adoção do plantio direto**
- ✓ **Amplitude de resposta das culturas ao manejo da acidez**

Evolução da área de PD no Brasil



Estimativa da área de PD no BRASIL em 2002



Fonte: FEBRAPDP, 2002

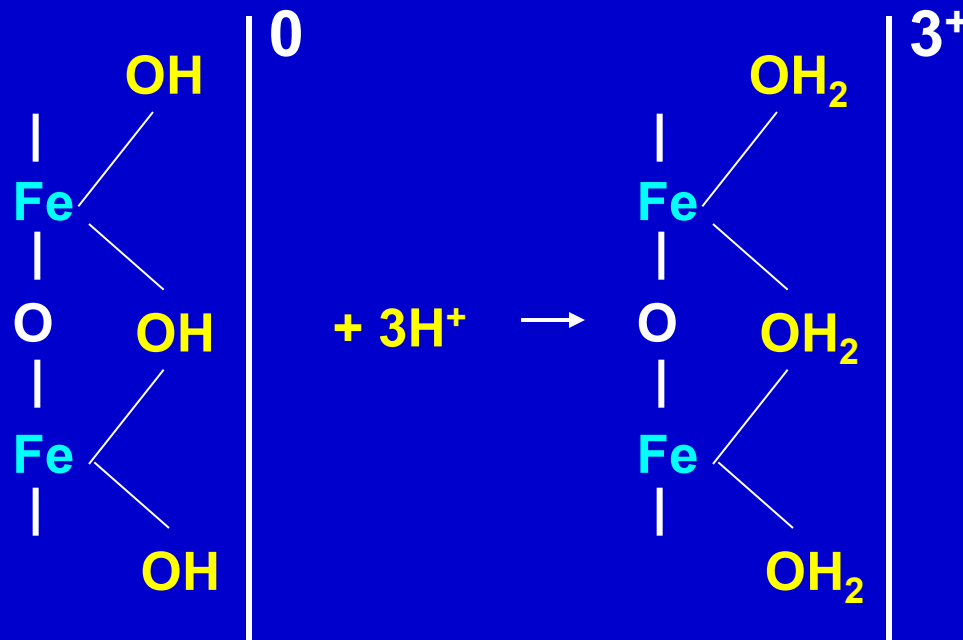
Origem da acidez em solos com cargas variável

Regime de umidade do solo nas regiões fisiográficas e características da mineralogia



Porque carga variável?

Os grupos $-\text{Fe}-\text{OH}$ e $-\text{Al}-\text{OH}$ são receptores de prótons em meio ácido

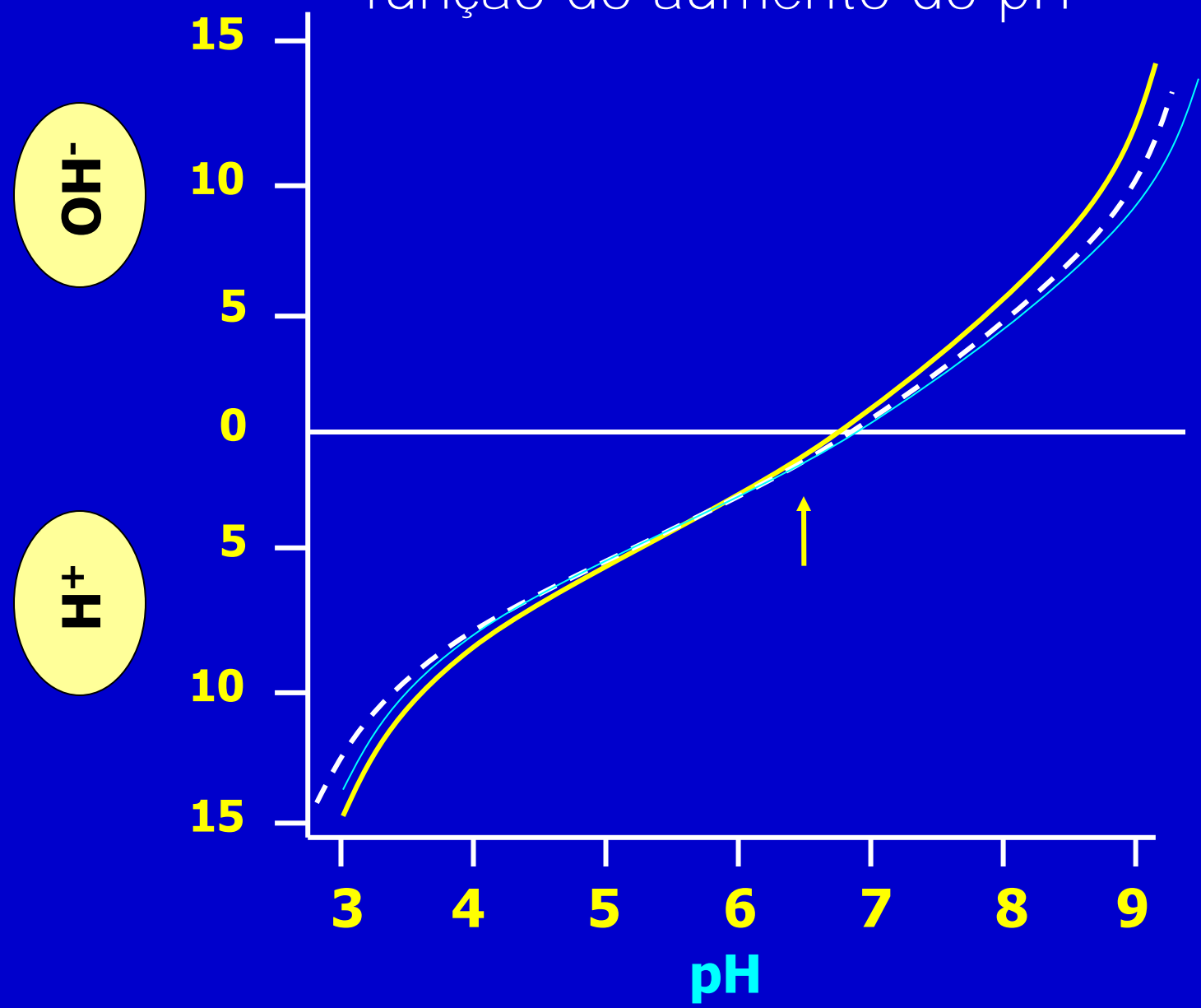


pH no PCZ

Fe_2O_3 (6,5 a 8,0)

Al_2O_3 (7,5 a 9,5)

Alteração de carga na fração coloidal em função do aumento do pH



Processo de transferência de prótons H⁺ em meio aquoso

1. Íon para molécula neutra formando novo íon e outra molécula neutra



2. Íon para molécula neutra formando dois novos íons



3. De um molécula neutra para outra molécula neutra formando dois novos íons



4. Entre duas moléculas de solvente anfotérico, sendo uma atuando como doadora e outra como receptora de prótons



Contribuição da matéria orgânica do solo na CTC

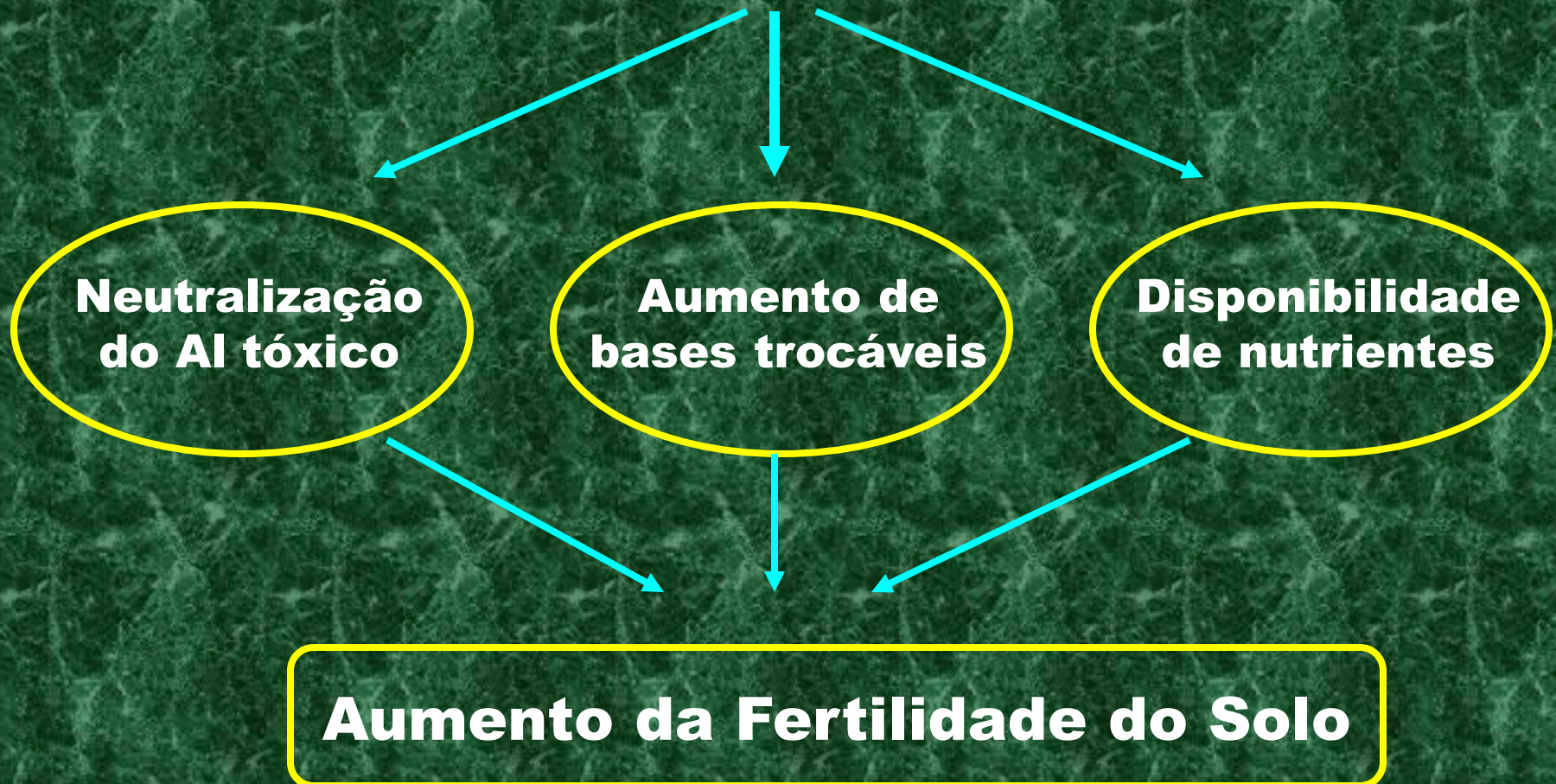
- ✓ Solos do Estado de São Paulo – 70 a 74% da CTC proveniente da MOS (Raij, 1969)
- ✓ Solos do Estado do Paraná – 75% da CTC proveniente da MOS (Pavan, 1985)
- ✓ Solos da Região do Cerrado – 70 a 85% da CTC proveniente da MOS (Lopes, 1978; Resck, 1998)

Causas da acidez

- ✓ Pressão parcial de CO_2
- ✓ Perdas de bases
- ✓ Reação de adubos nitrogenados e processos microbiológicos (nitrificação $\Rightarrow + 3\text{H}^+/\text{mol NH}_4^+$)
- ✓ Remoção de bases pelos grãos
- ✓ Rizodeposição ou exsudatos de raiz
(Compostos orgânicos - ácidos orgânicos)

Desafios para o sucesso no SPD

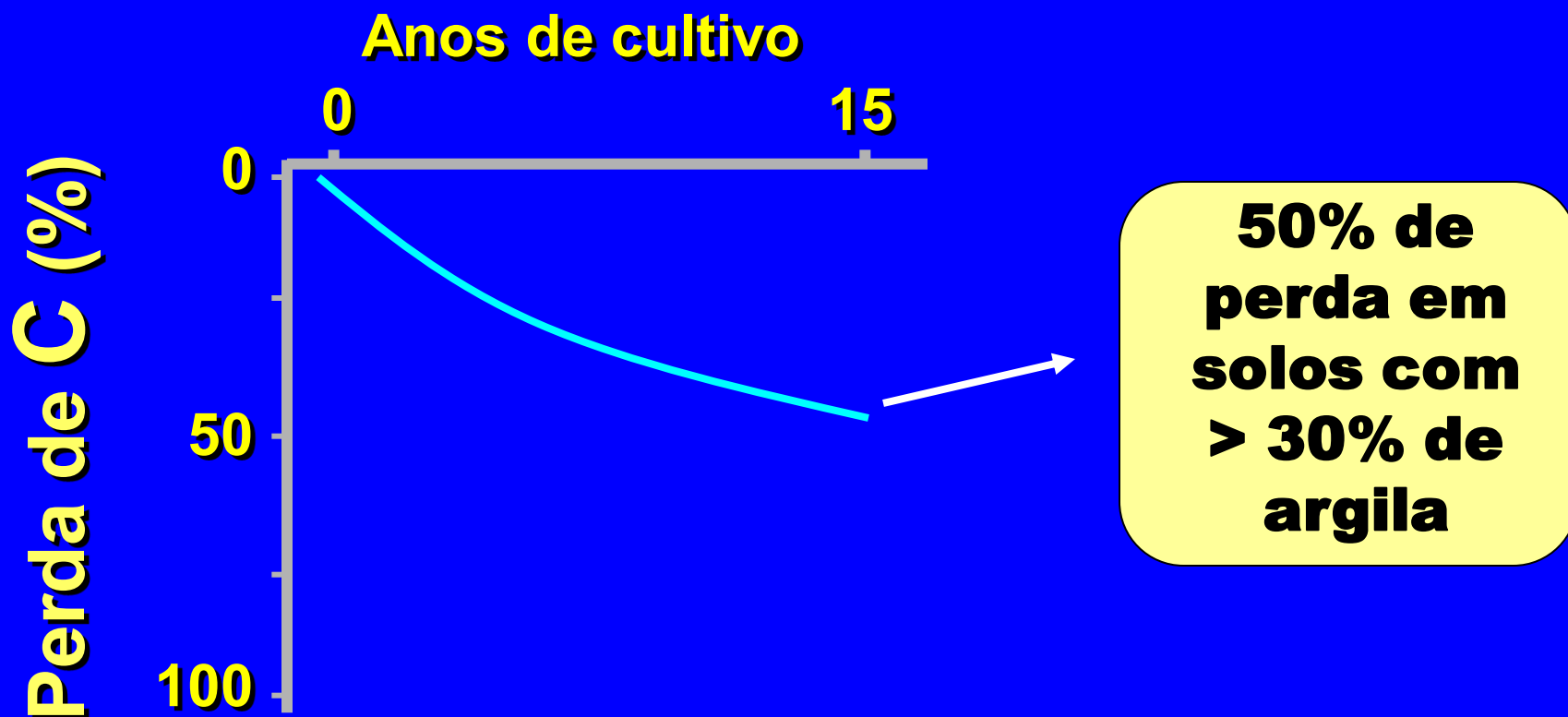
Correção da acidez antes da adoção do SPD



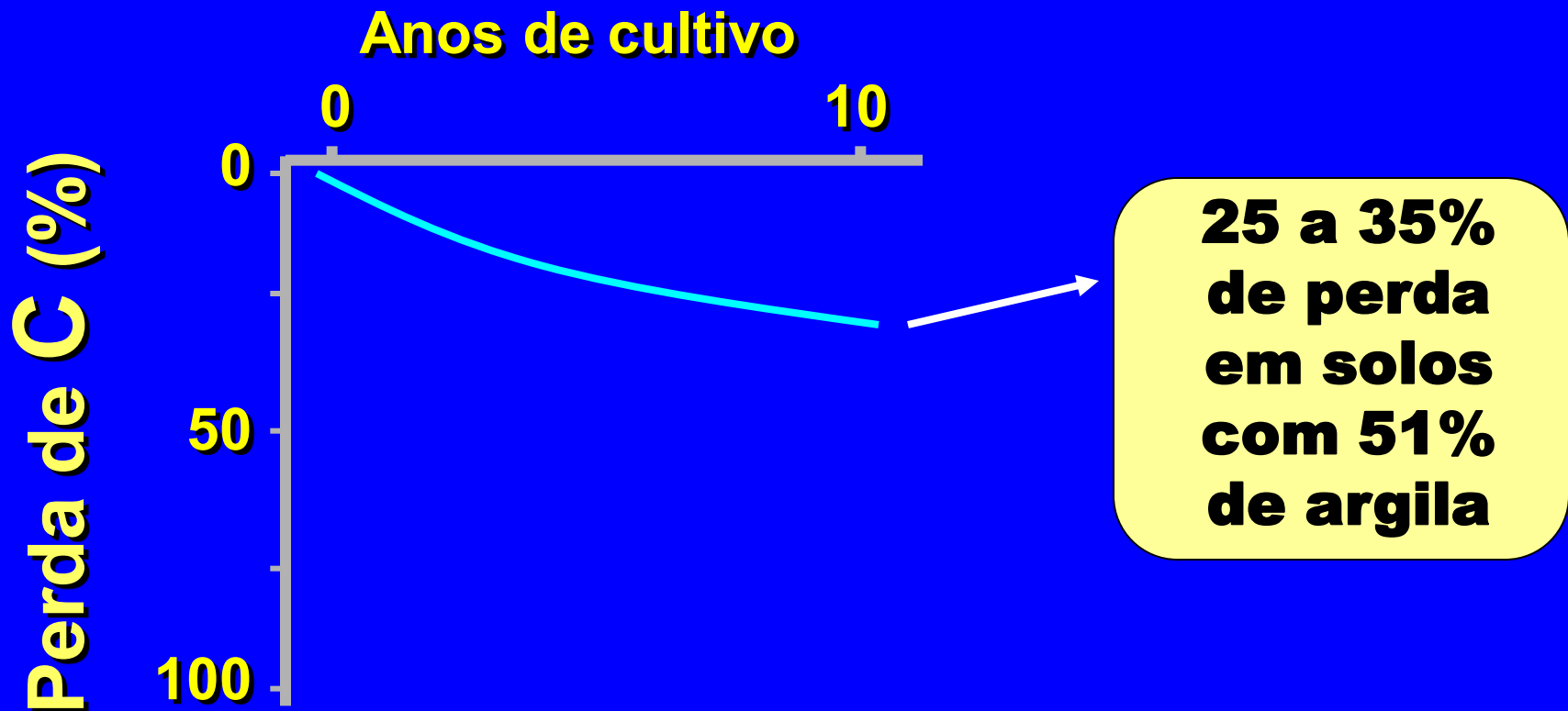
Desafio do plantio direto no Brasil



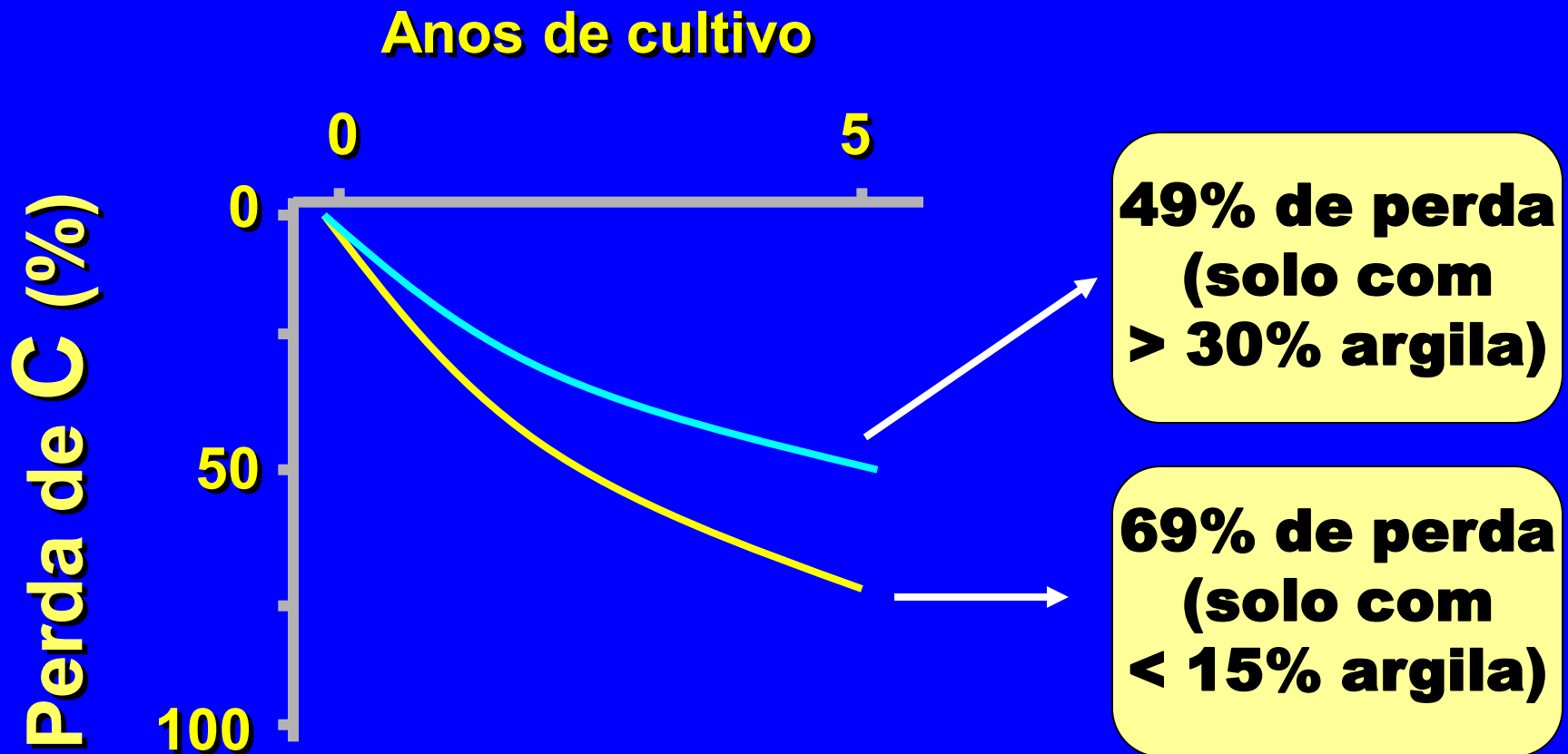
Redução da Matéria Orgânica em solos da região sob clima sub-tropical devido ao preparo convencional e a monocultura



Redução da Matéria Orgânica do Solo em região sob clima tropical/sub-tropical devido ao preparo convencional e monocultura



Redução da Matéria Orgânica do Solo em solos do cerrado sob preparo convencional e monocultura de soja

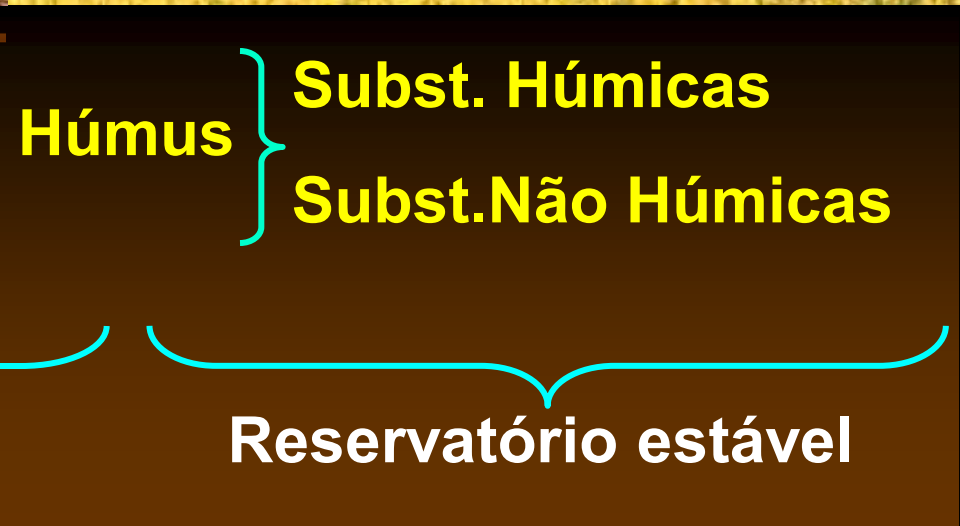
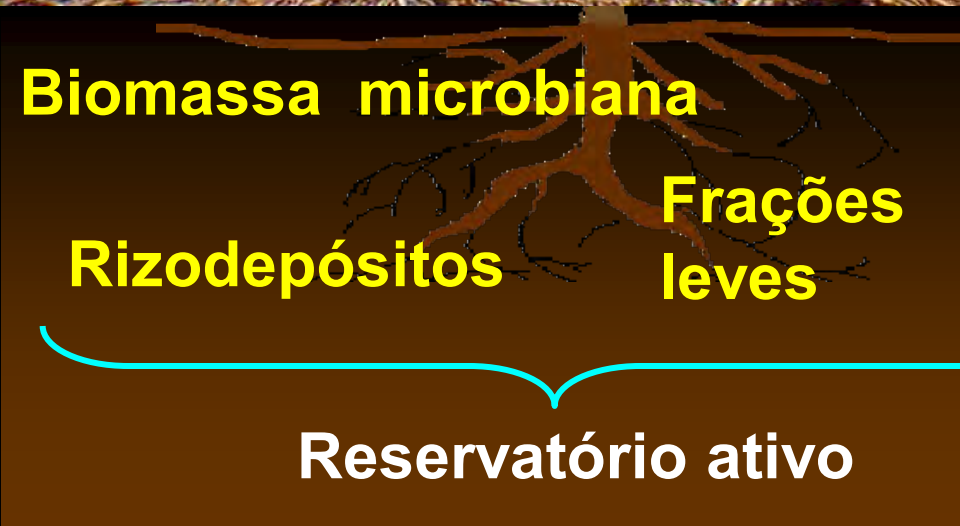
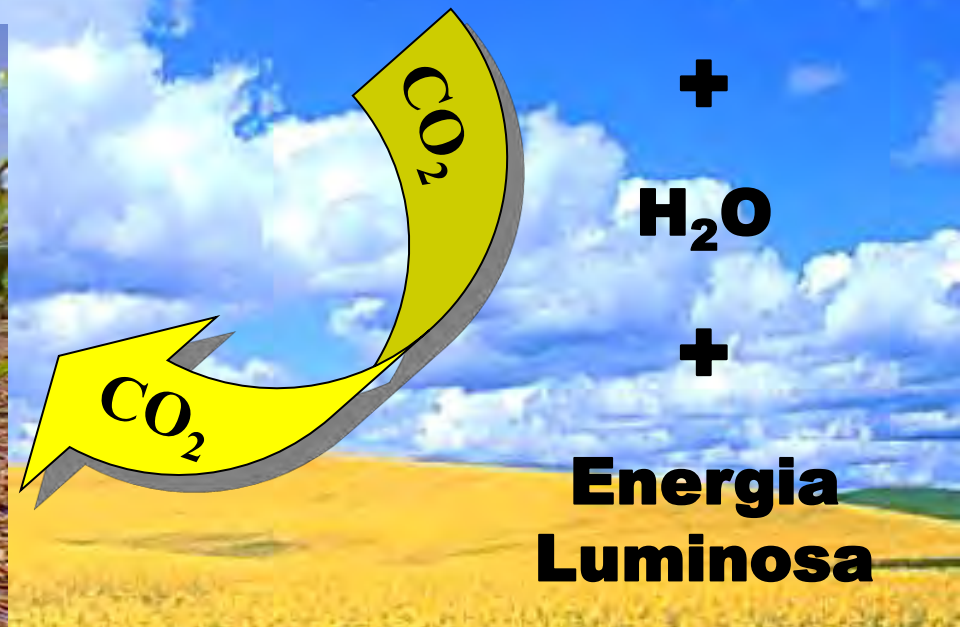


A contribuição da matéria orgânica do solo

Compartimentos da matéria orgânica do solo

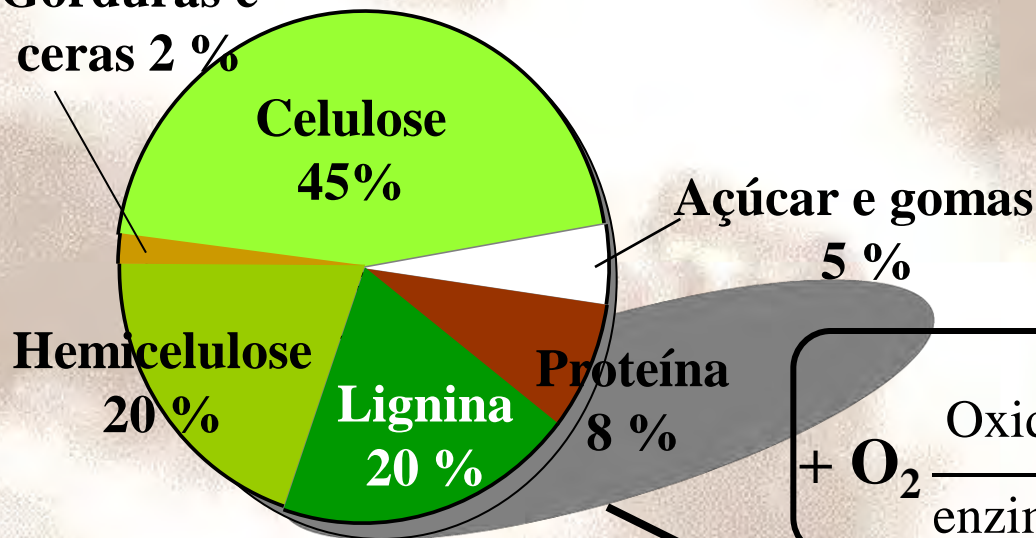


Resíduos culturais



Alterações na composição dos constituintes orgânicos durante o processo de formação da matéria orgânica do solo

Gorduras e ceras 2 %



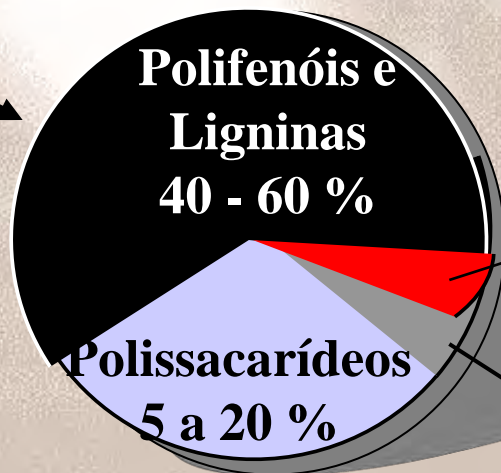
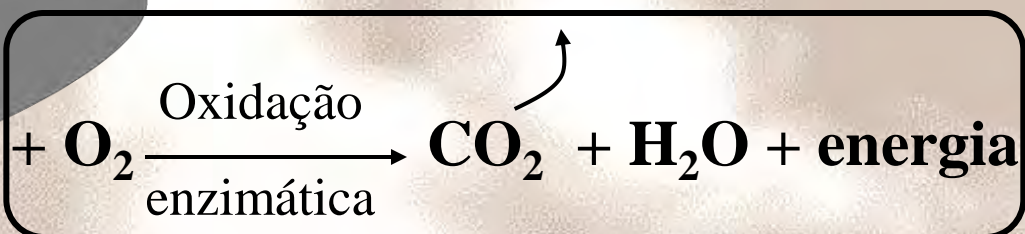
Hemicelulose 20 %

Lignina 20 %

Proteína 8 %

Açúcar e gomas 5 %

Resíduos culturais



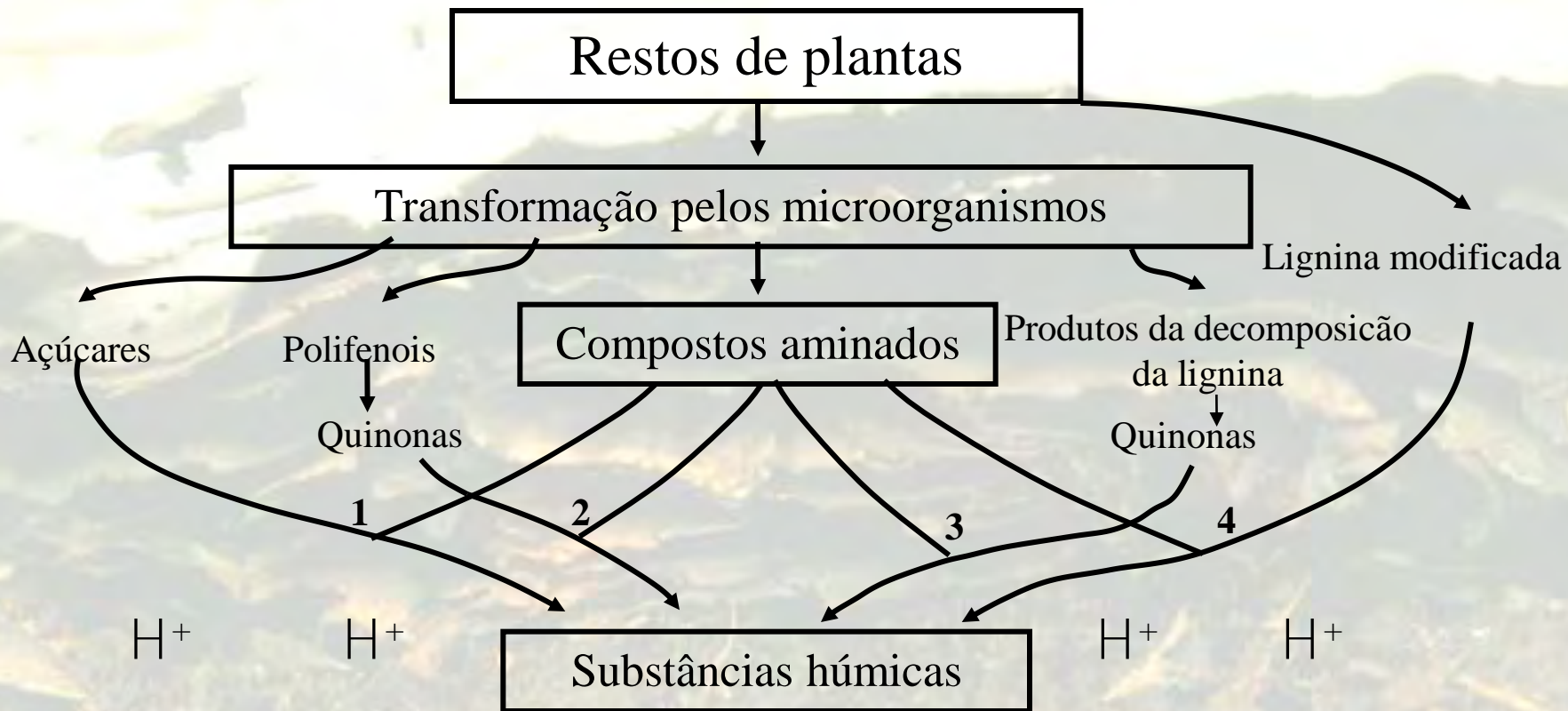
Biomassa Microbiana 1 a 3 %

Polissacarídeos 5 a 20 %

Proteínas, ceras e gorduras 2 a 3 %

Matéria orgânica do solo 3%

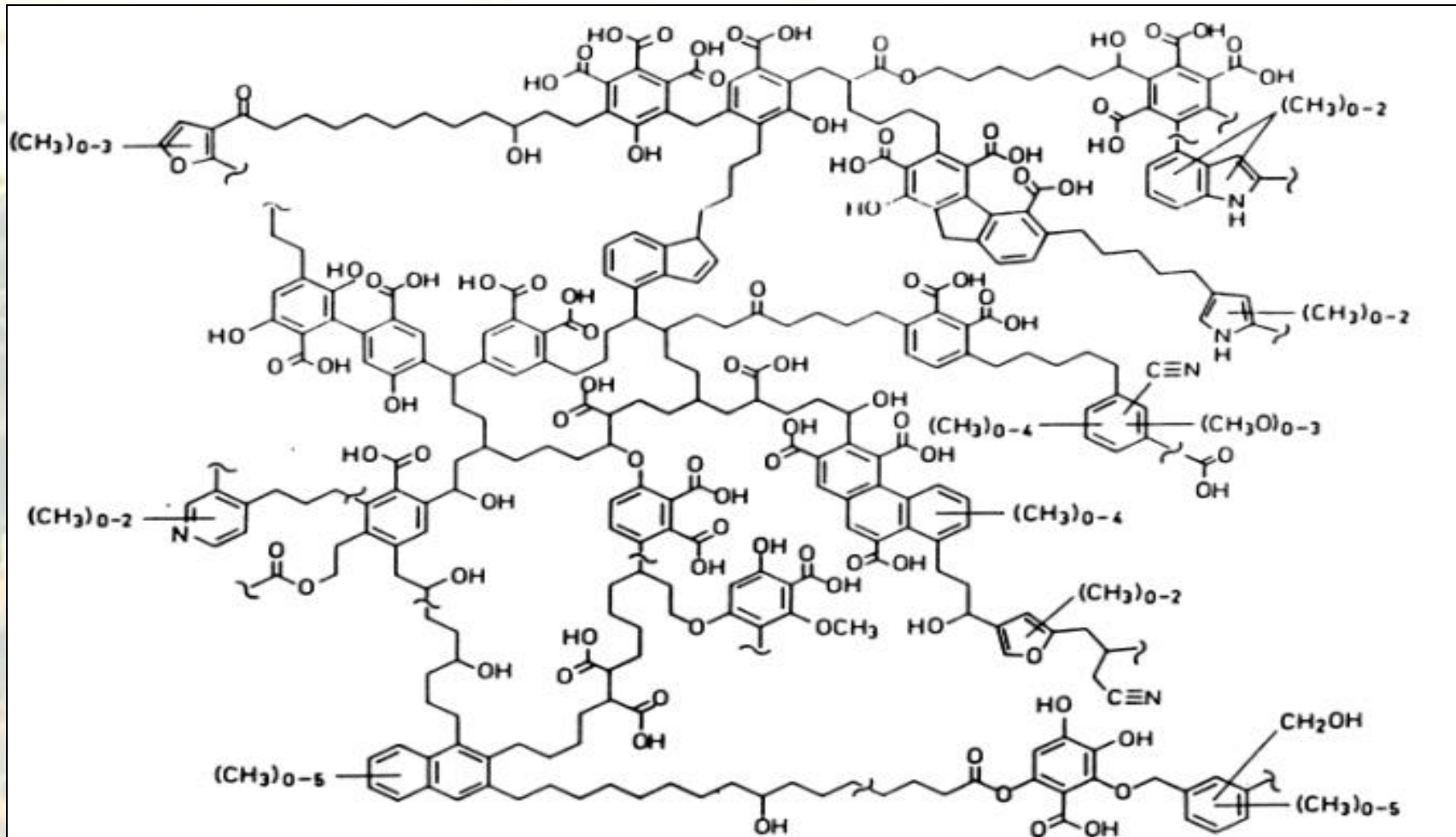
Gênese de substâncias húmicas



Mecanismos para a formação de substâncias húmicas. Compostos aminados sintetizados pelos microorganismos reagem com ligninas modificadas (4), quinonas (2 e 3), e reduzindo açúcares (1) para formar polímeros complexos escuros.

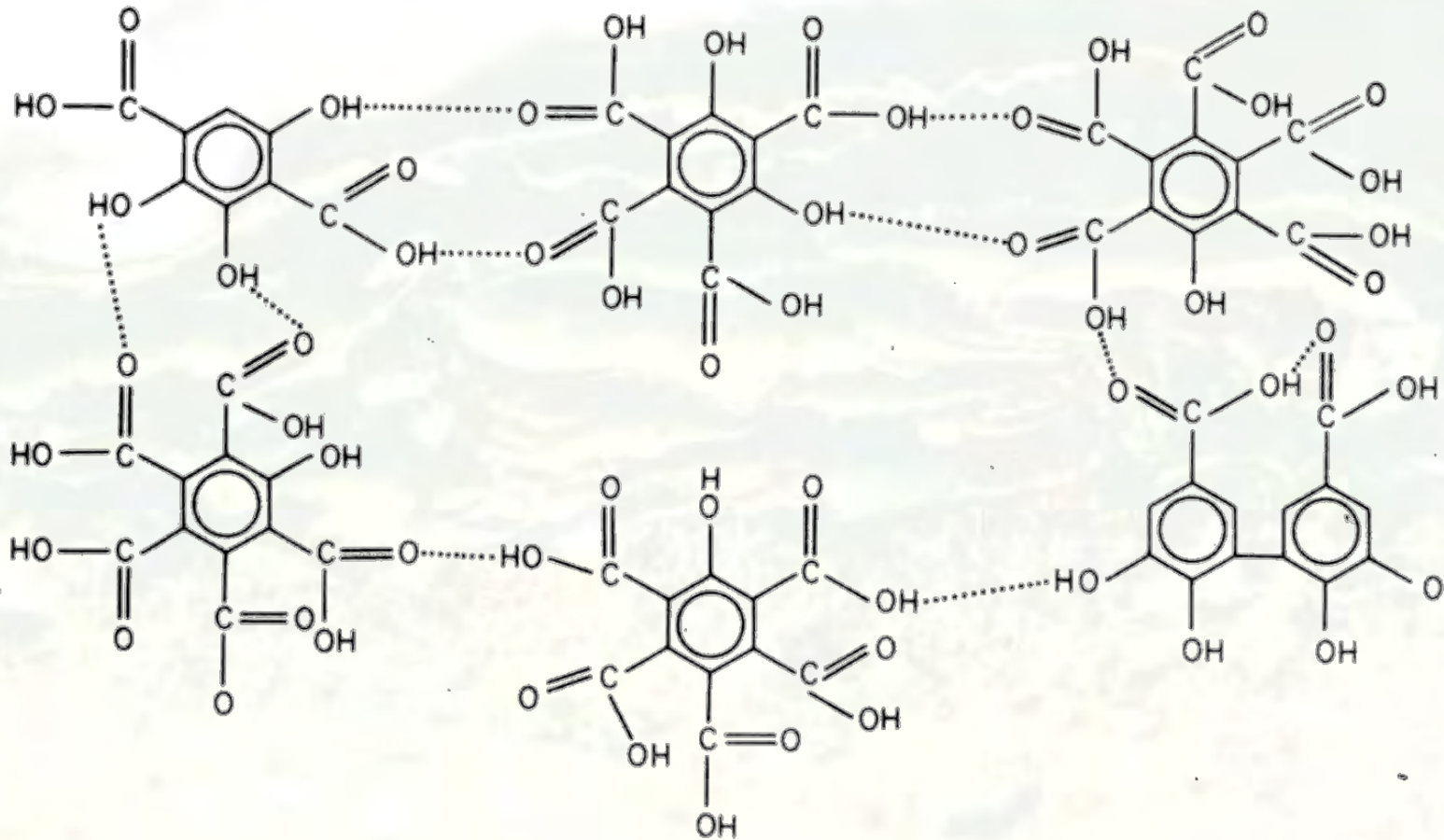
Estrutura química das substâncias húmicas

Ácido húmico

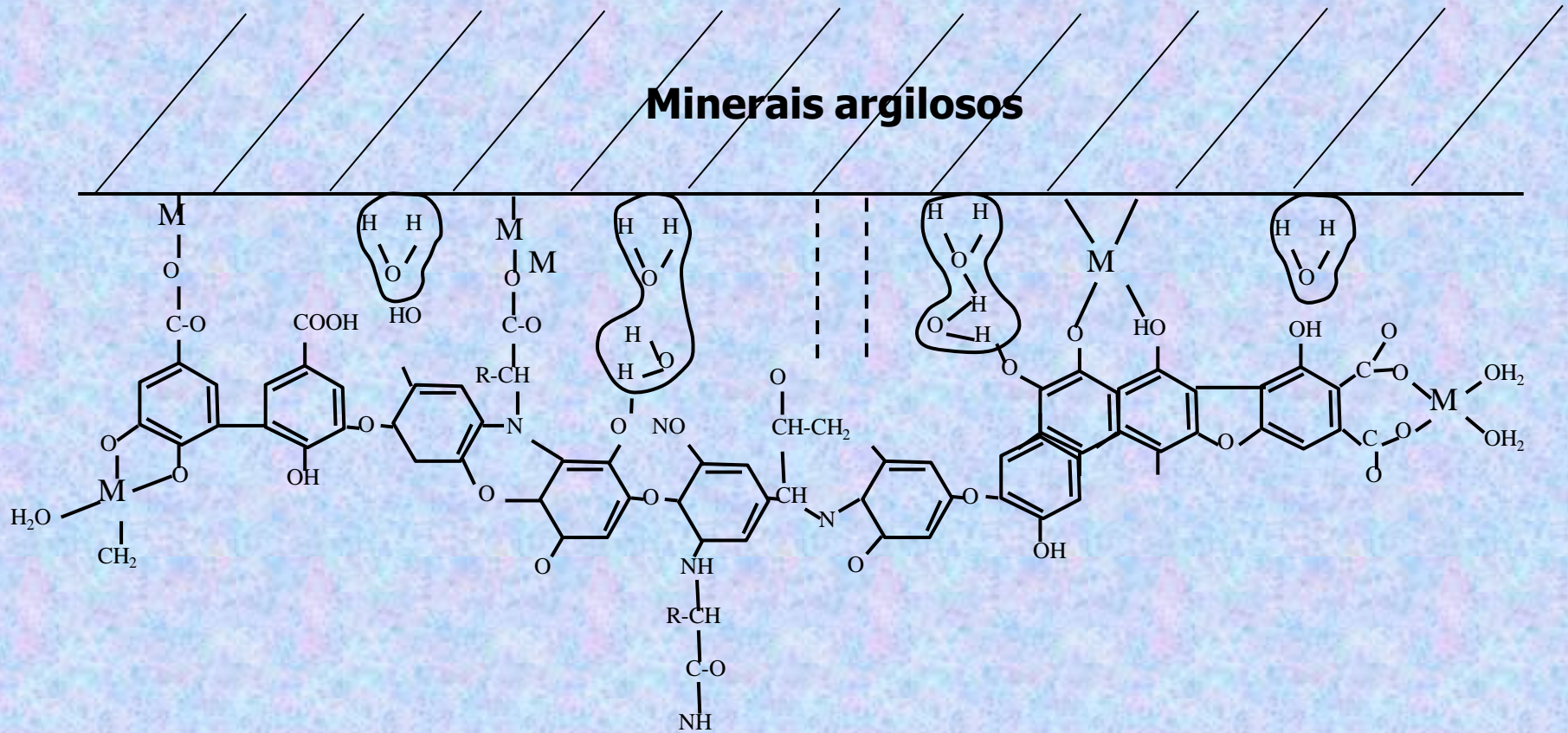


Adaptado de Schulten e Schnitzer, 1978

Núcleo do ácido fúlvico

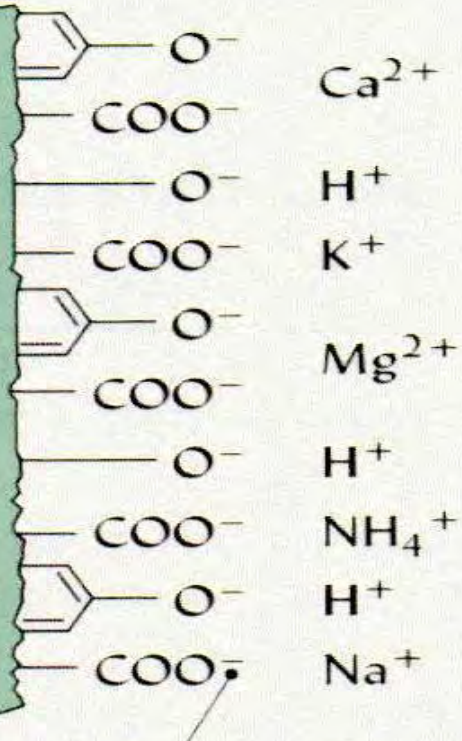


Complexos Argila-Húmus



Aumento da carga negativa líquida

**Núcleo de um colóide
de húmus
(principalmente C e H)**



Alterações em atributos devido ao SPD

Fases de evolução do SPD

Fase inicial

- Rearranjo da estrutura
- Baixo acúmulo de palhada
- Reestabelecimento BM
- > exigência de N

0-5

Fase de transição

- Reagregação
- Início de acúmulo de palhada
- Início de acúmulo de MOS
- Imob. \geq Min.

5-10

Fase de Consolidação

- Aumento da CTC
- acúmulo de palhada
- Acúmulo de C
- Imob. < Min.
- Ciclagem nutrientes

10-20

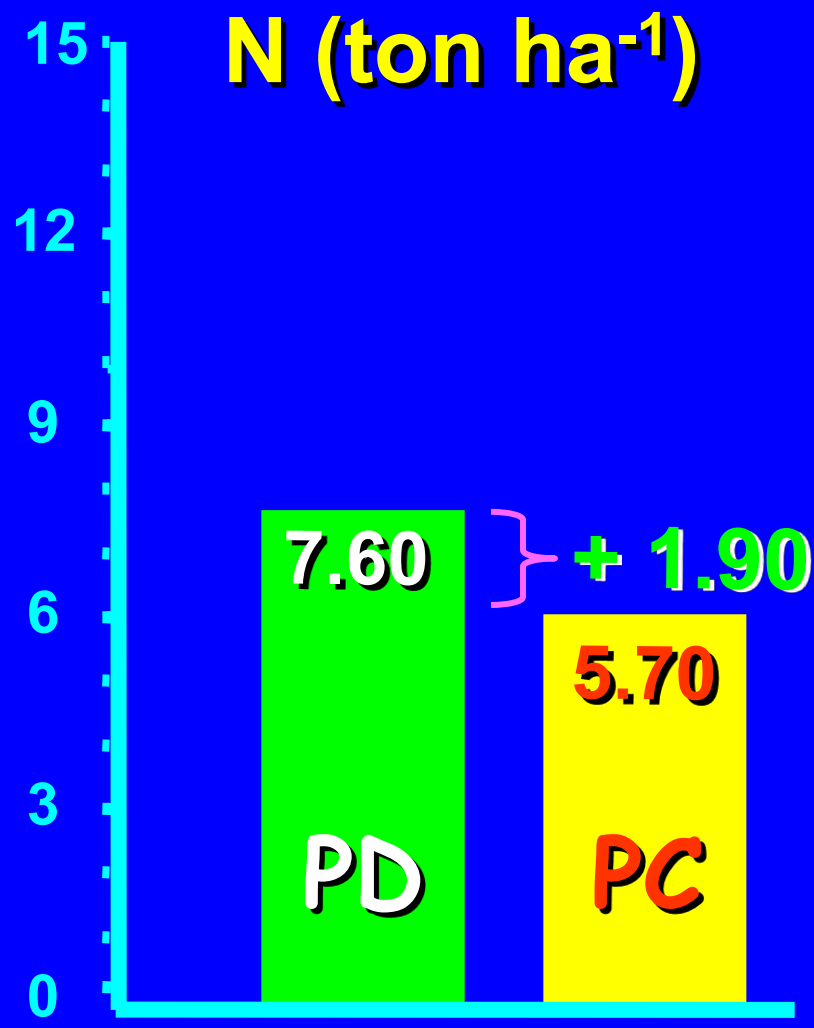
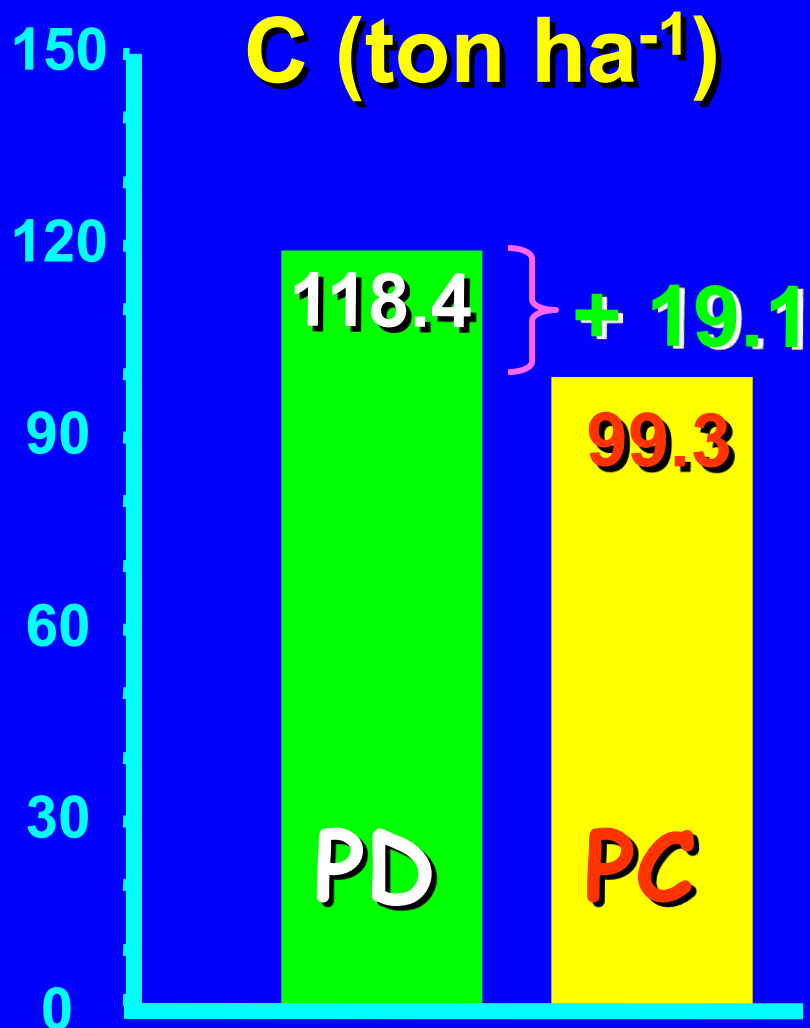
Fase de Manutenção

- Fluxo contínuo de C e N
- Elevado acúmulo de palhada
- Ciclagem
- < exigência de N

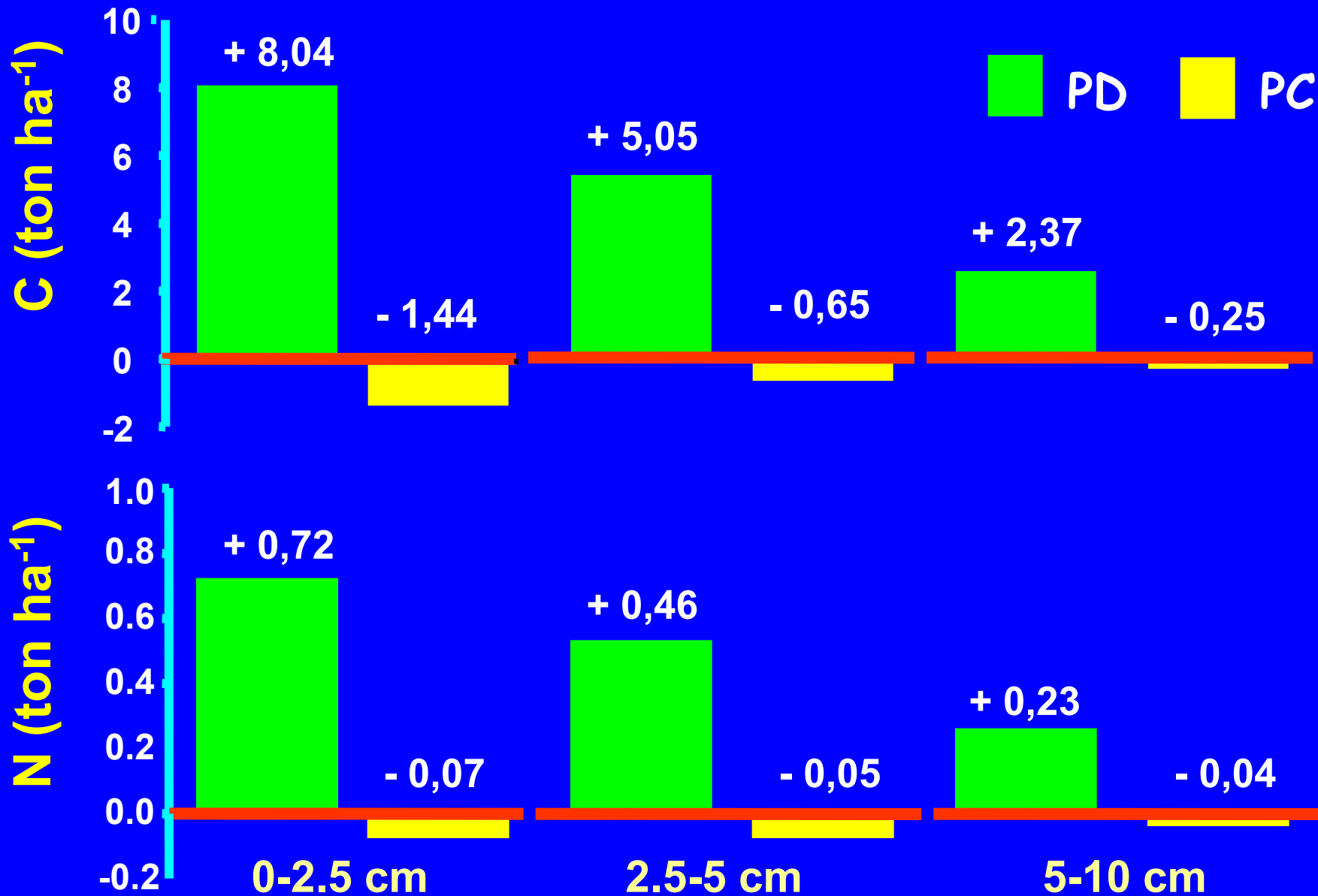
> 20

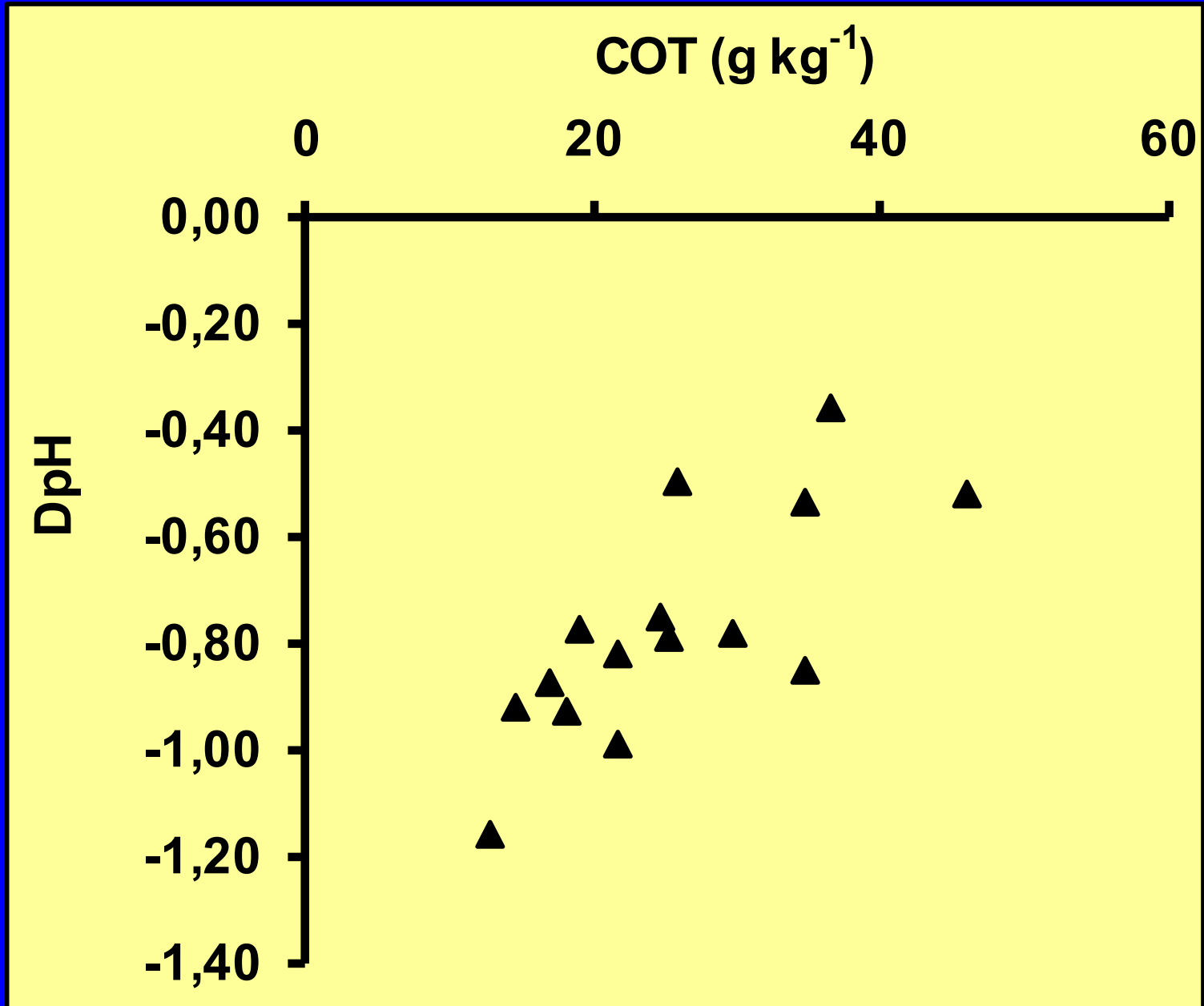
Tempo de adoção de PD (anos)

Estoque de C e N em PD e PC (22 anos) na profundidade de 0-40 cm

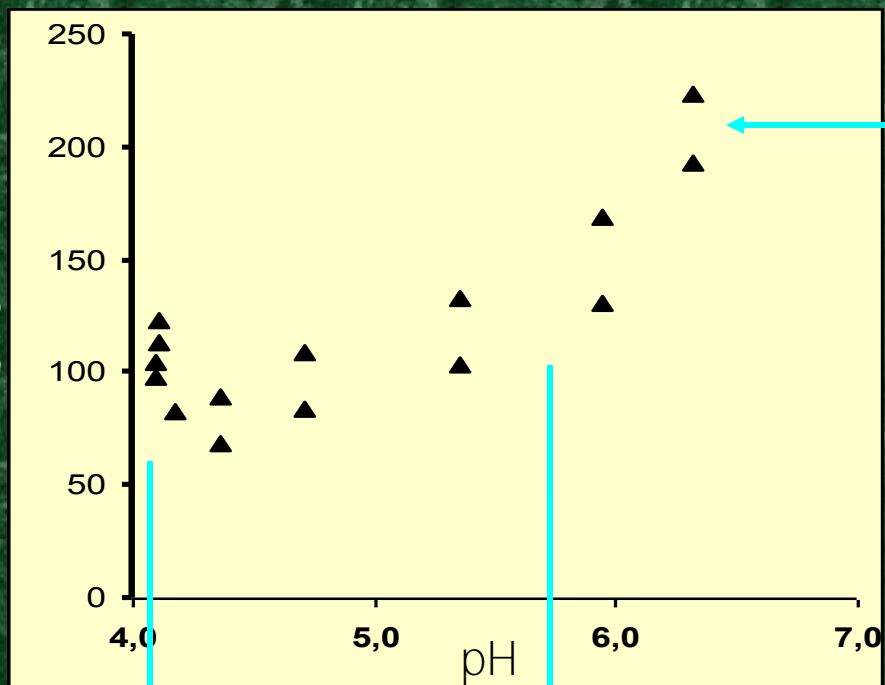


Estoque de C e N no PD e PC comparado ao campo nativo - CN (a linha horizontal vermelha = CN)





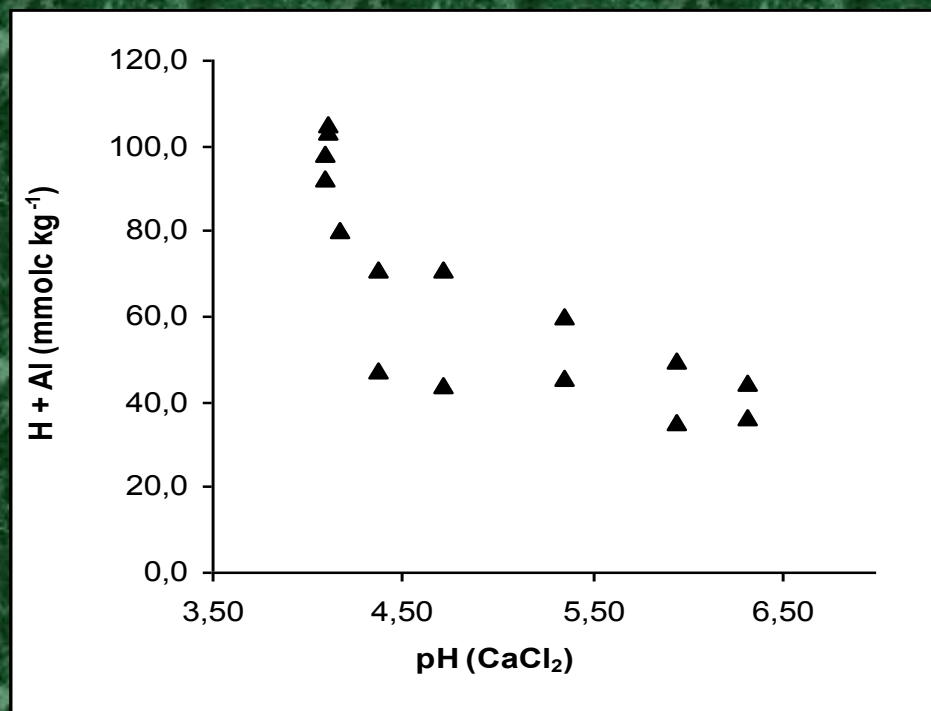
CTC



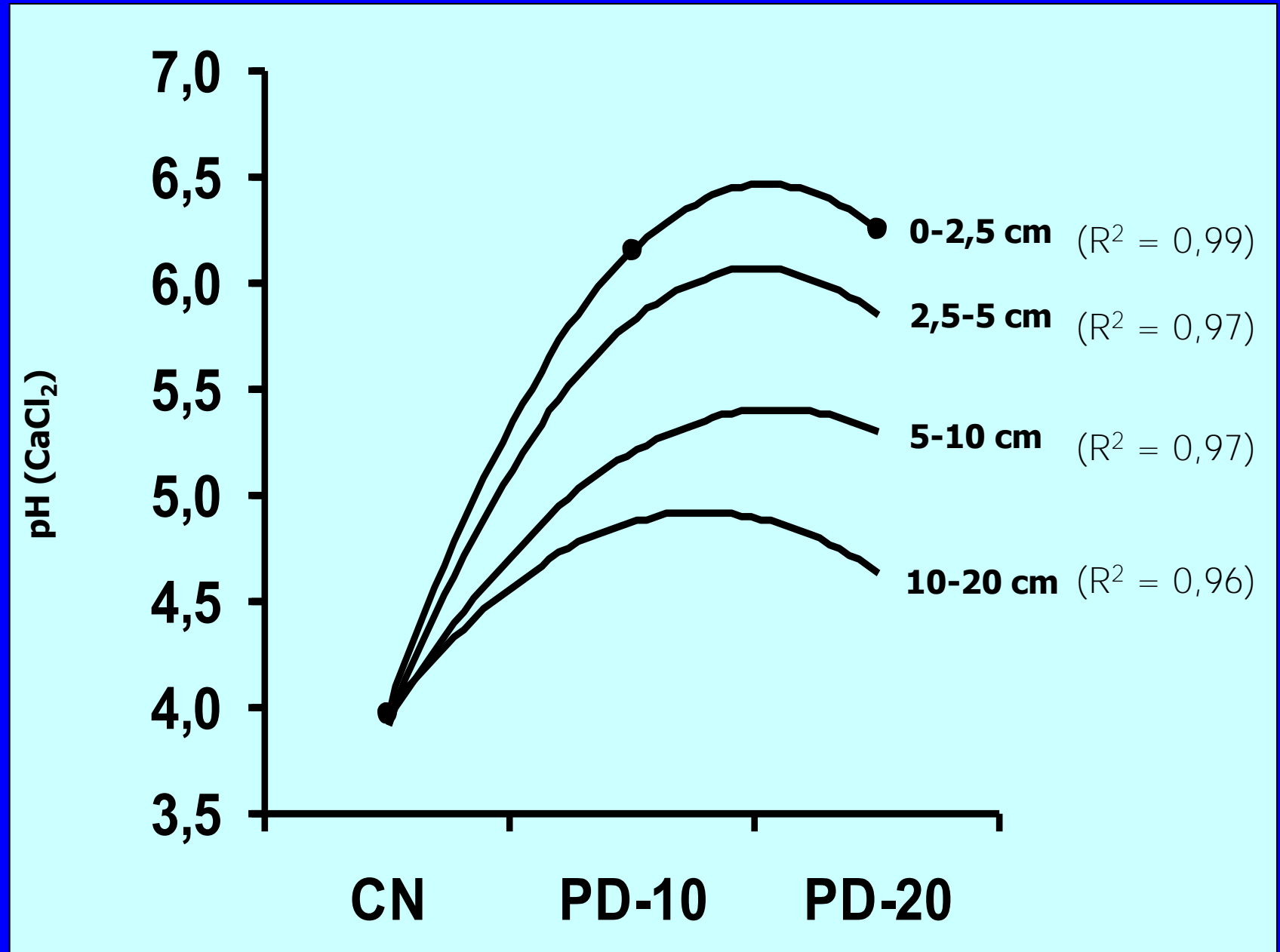
PD
20 anos

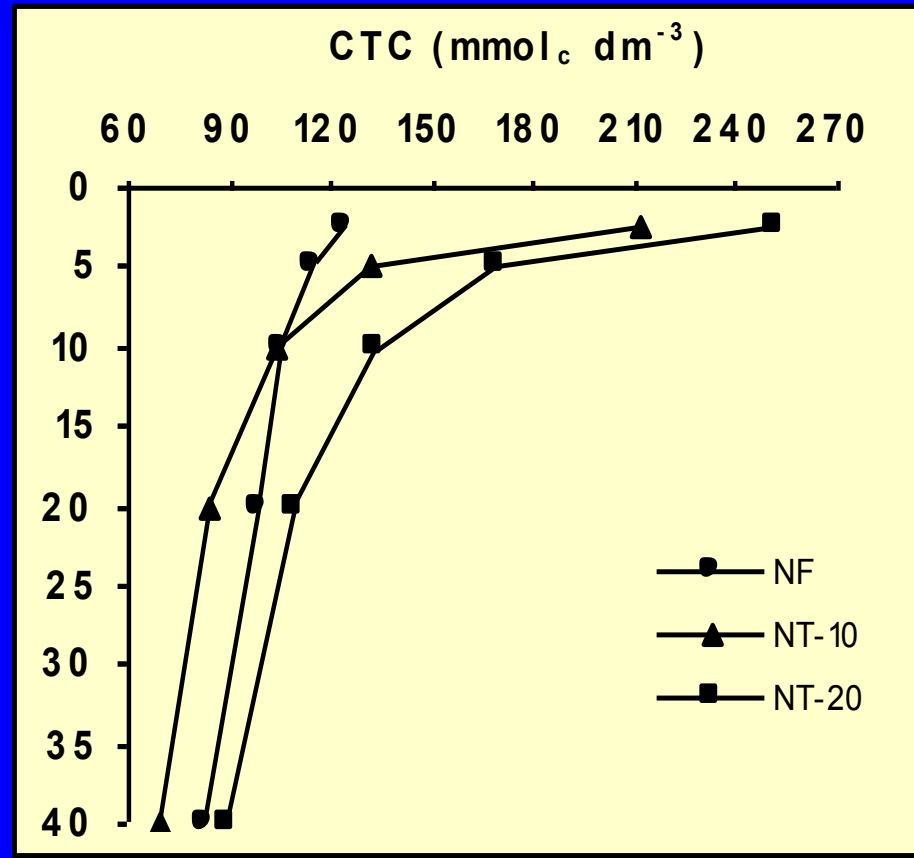
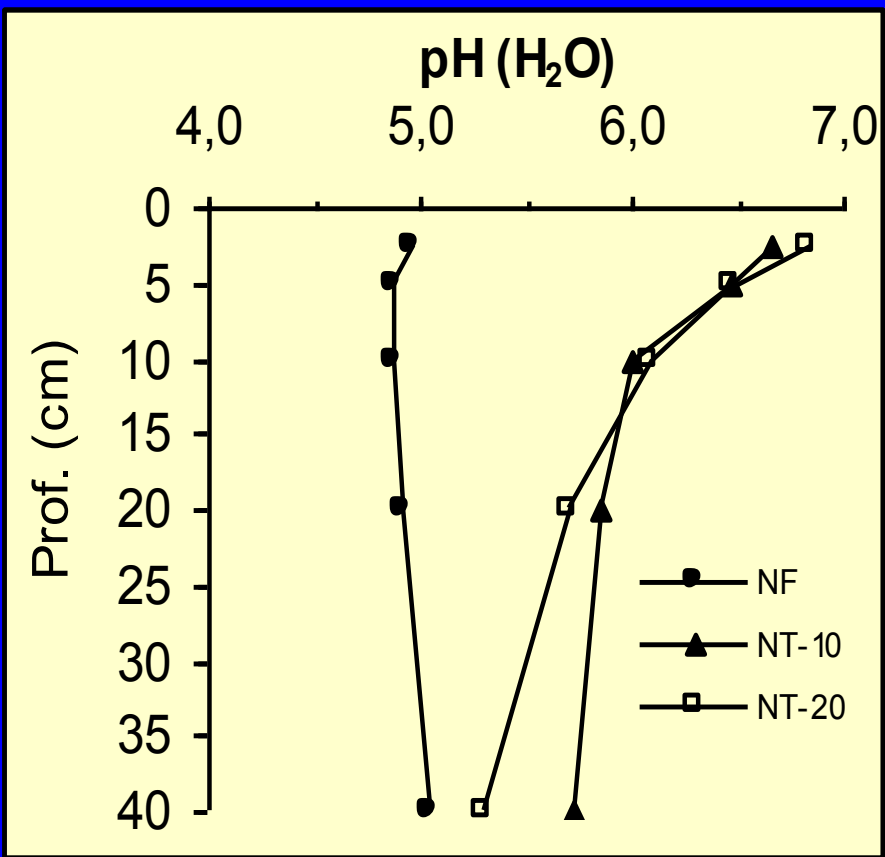
CN

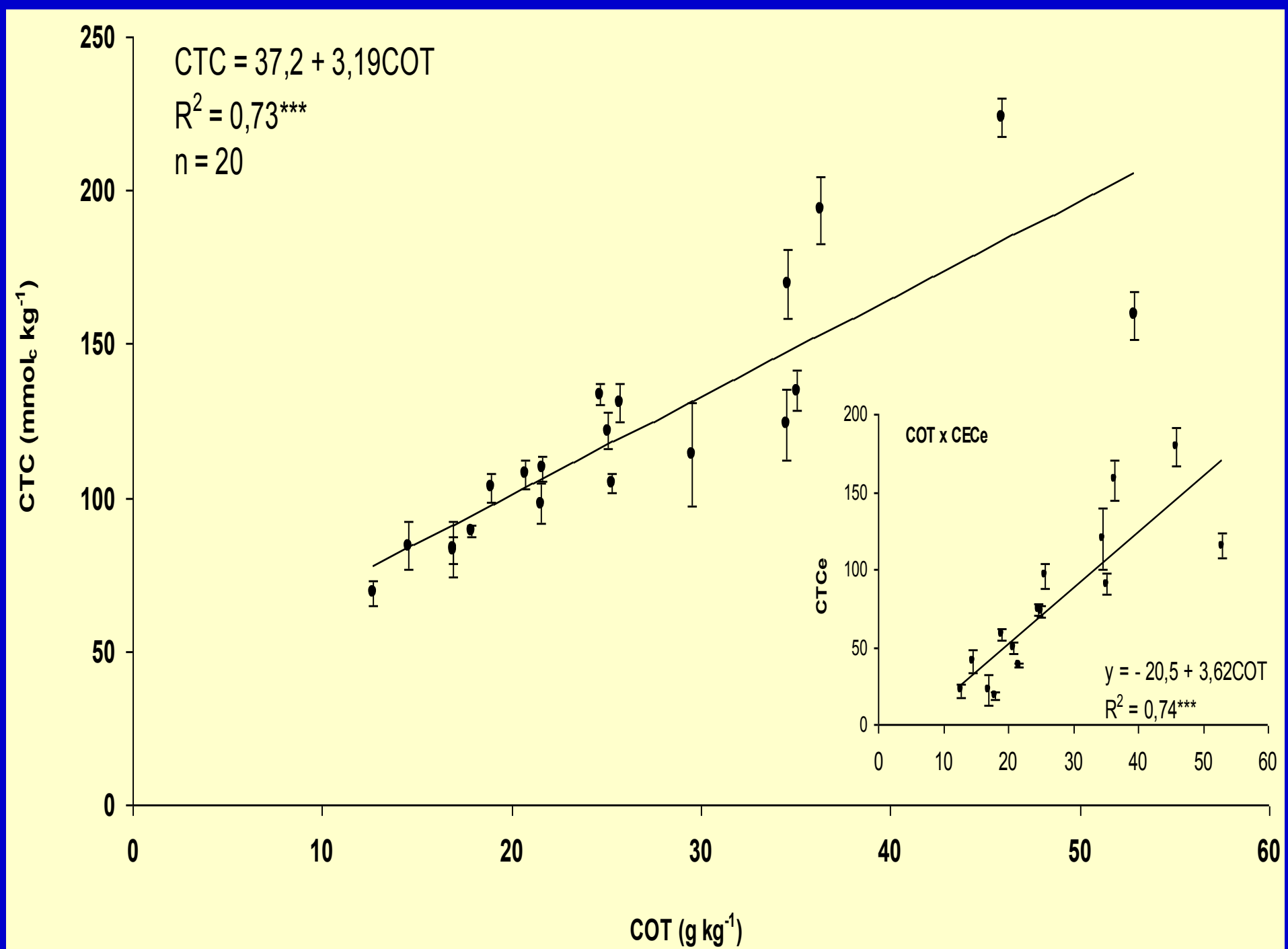
PD
10 anos



Variação no pH do solo







RC + PD = aumento do C => CTC

RC

Fluxo contínuo de C

Compostos orgânicos e pool ativo

Pool lento
Pool passivo (Estável)

Recobrimento



Aumento de cargas negativas

Aumento da CTC

Ganho na CTC do solo em PD a longo período

“O aumento de C em 1 g kg^{-1} de solo via palhada aumenta $3,19 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na CTC”

0-2,5 cm

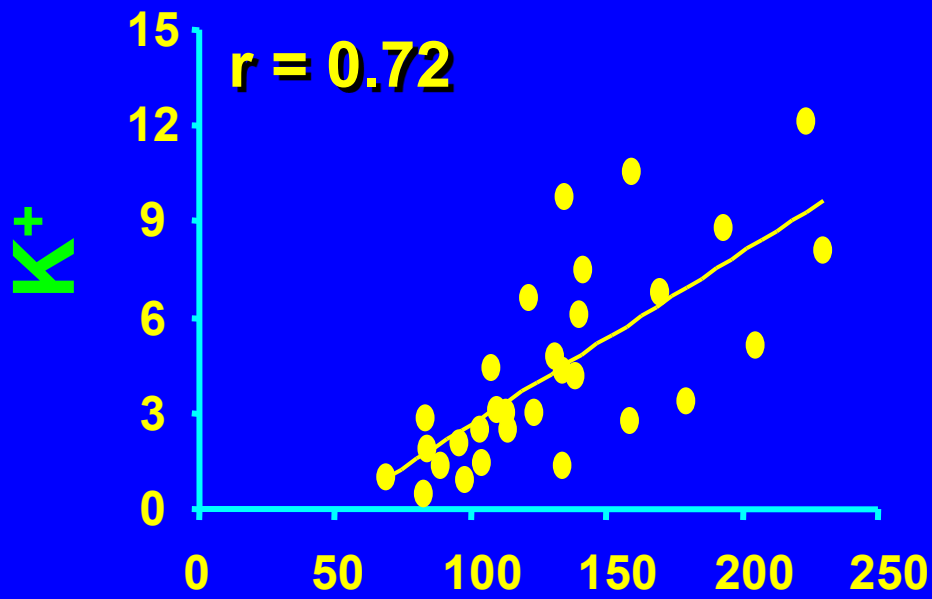
$2,2 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo

2,5-5 cm

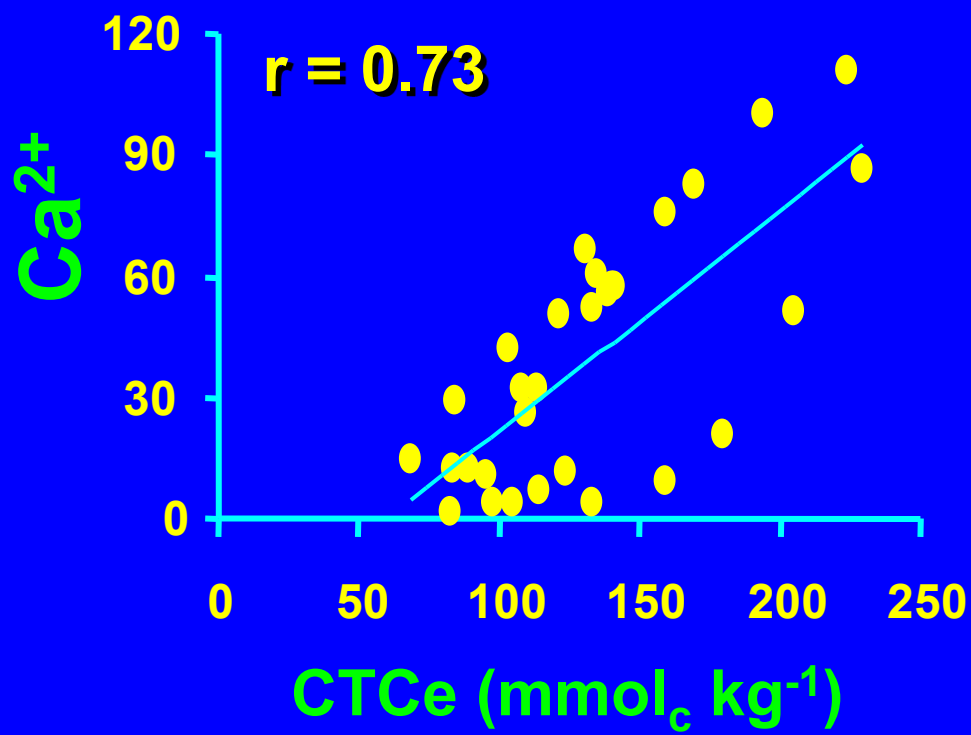
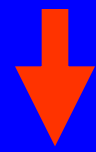
$1,0 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo

5-10 cm

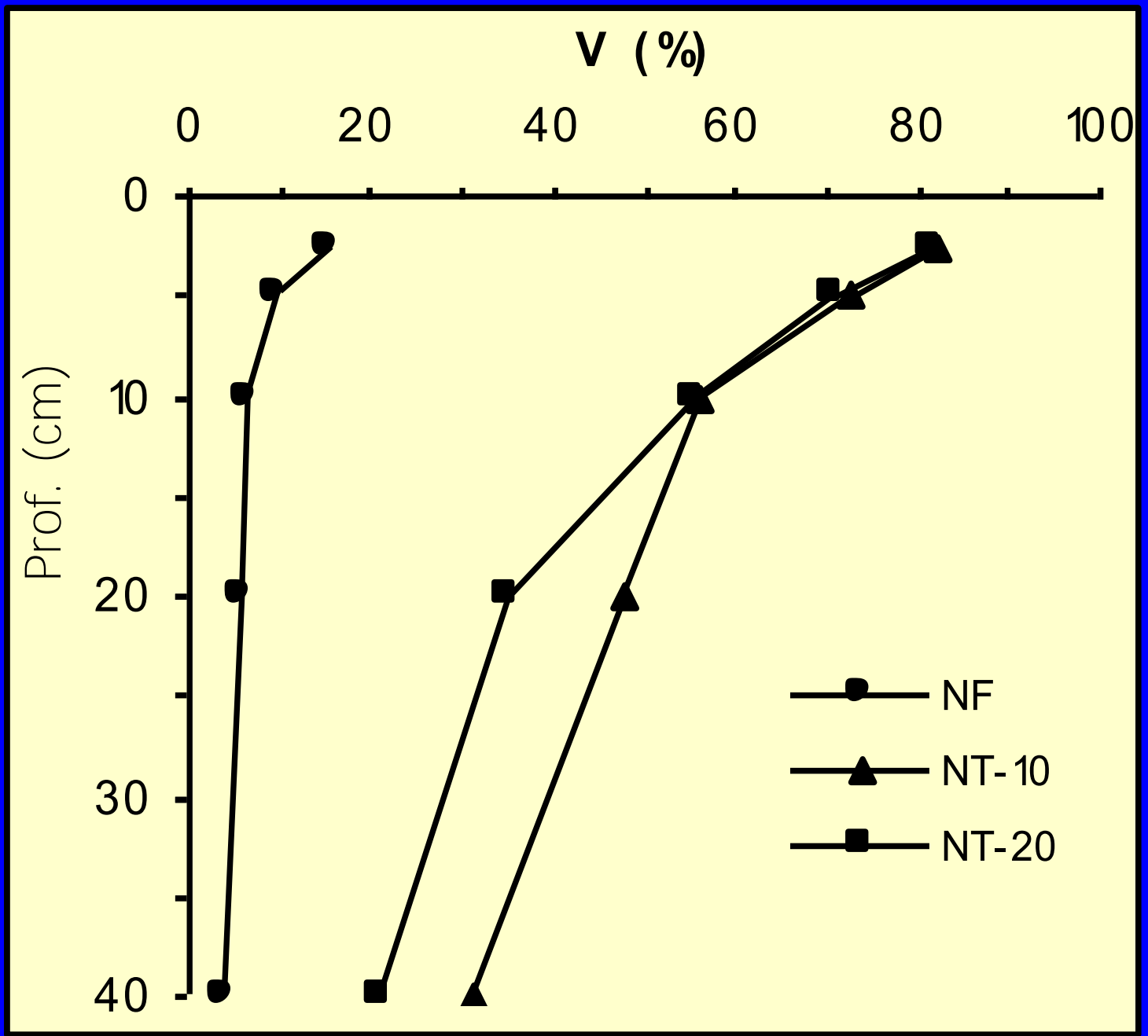
$0,19 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo



“A maior CTC_e promove maior produção de fitomassa”



“Maior ciclagem de nutrientes”



A contribuição das culturas no sistema

Rizodeposição

- De 1 a 30% da produção total da matéria seca da planta jovem.
- Plantas de trigo (3 a 8 semanas de idade): 20 a 40% das substâncias orgânicas translocadas a elas pelo broto da planta.

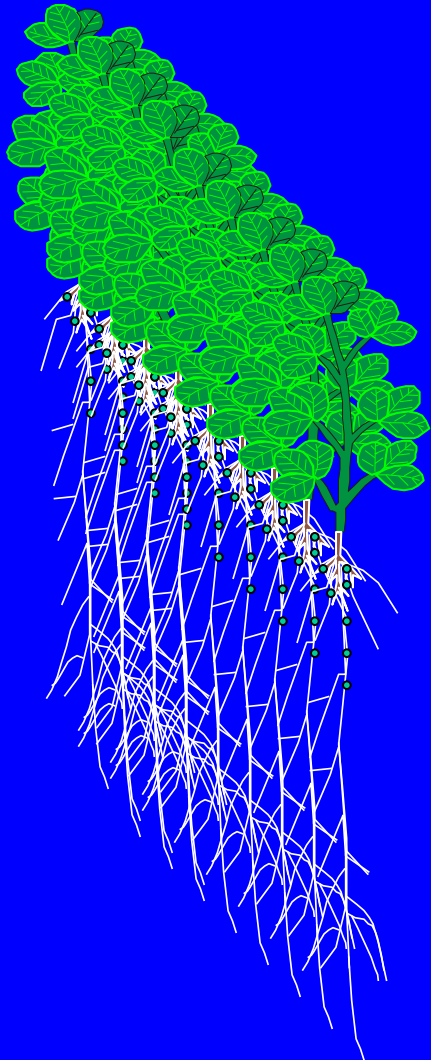


A zona do solo distante de 1 a 2 mm das raízes das plantas vivas chama-se rizosfera. Esta zona é altamente enriquecida com elementos orgânicos excretados pelas raízes. Estes exsudados e os microrganismos que eles apóiam ocasionam que a rizosfera do solo adere algumas destas raízes como uma envoltura.

Taxa de rizodeposição de algumas culturas

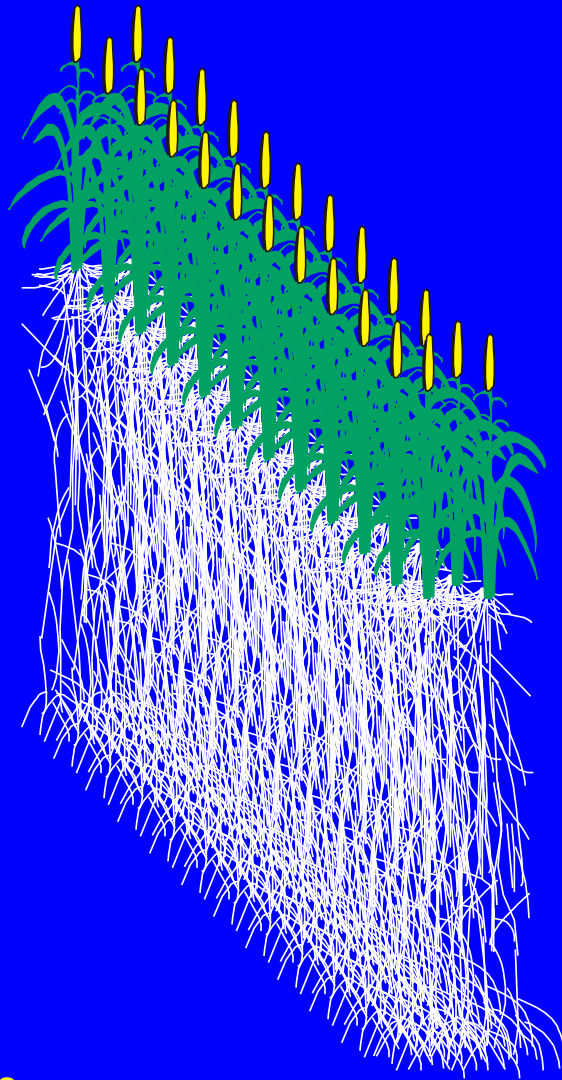
Espécies	Tipo de Rizodepósito	Taxa de rizodeposição	Referência
Milho	Glicose	8,76 mg g ⁻¹ raiz dia ⁻¹	Shonwitz & Ziegler, 1982
	Frutose	0,88 mg g ⁻¹ raiz dia ⁻¹	Shonwitz & Ziegler, 1982
	Sucrose	1,30 mg g ⁻¹ raiz dia ⁻¹	Shonwitz & Ziegler, 1982
	maltose	2,04 mg g ⁻¹ raiz dia ⁻¹	Shonwitz & Ziegler, 1982
	aminoácidos	0,80 μg g ⁻¹ raiz h ⁻¹	Jones & Darrah, 1993
	Compostos - N	10-680 μg ⁻¹ raiz dia ⁻¹	Matsumoto et al., 1979
Trigo	C solúvel (exsudatos)	66-243 mg g ⁻¹ raiz dia ⁻¹	Prikryl & Vancura, 1980
Legum.	Exsudatos solúveis	250 mg g ⁻¹ raiz (3-4 s)	Whips & Linch, 1985
Gram./ Past.	Exsudatos solúveis	500 mg g ⁻¹ raiz (3-4 s)	Whips & Linch, 1985

Soja



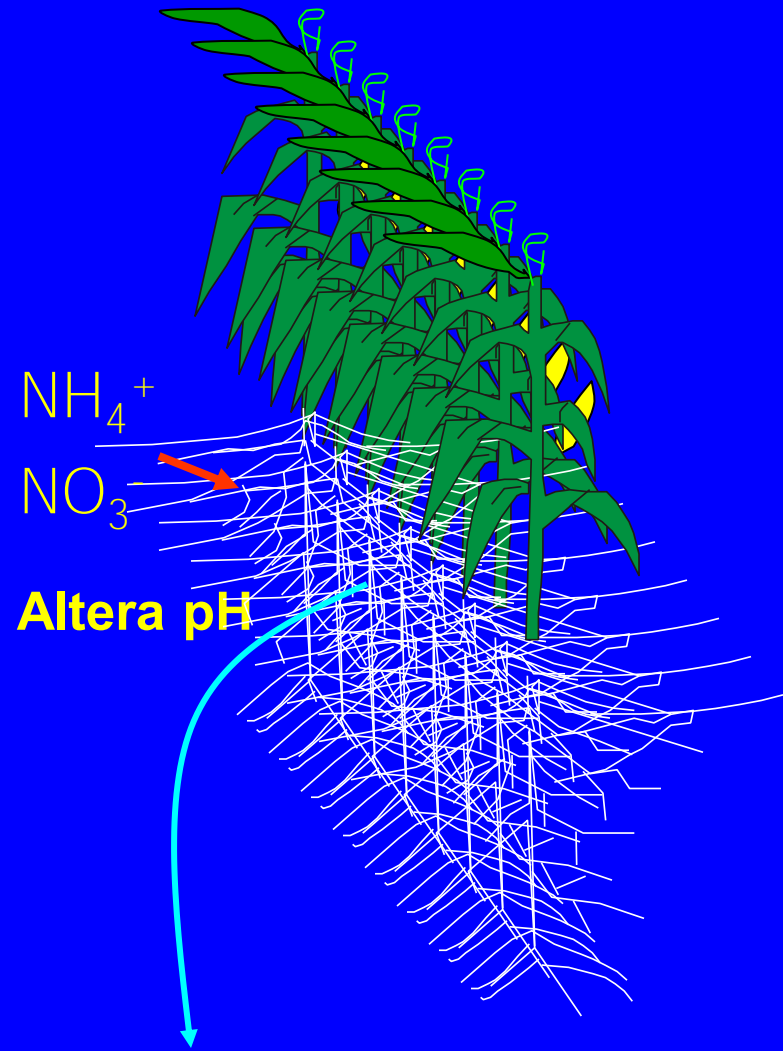
Rizosfera rica em polissacarídeos e aminos

Aveia Preta



Rizosfera rica em polissacarídeos e alguns polifenóis

Milho



NH_4^+

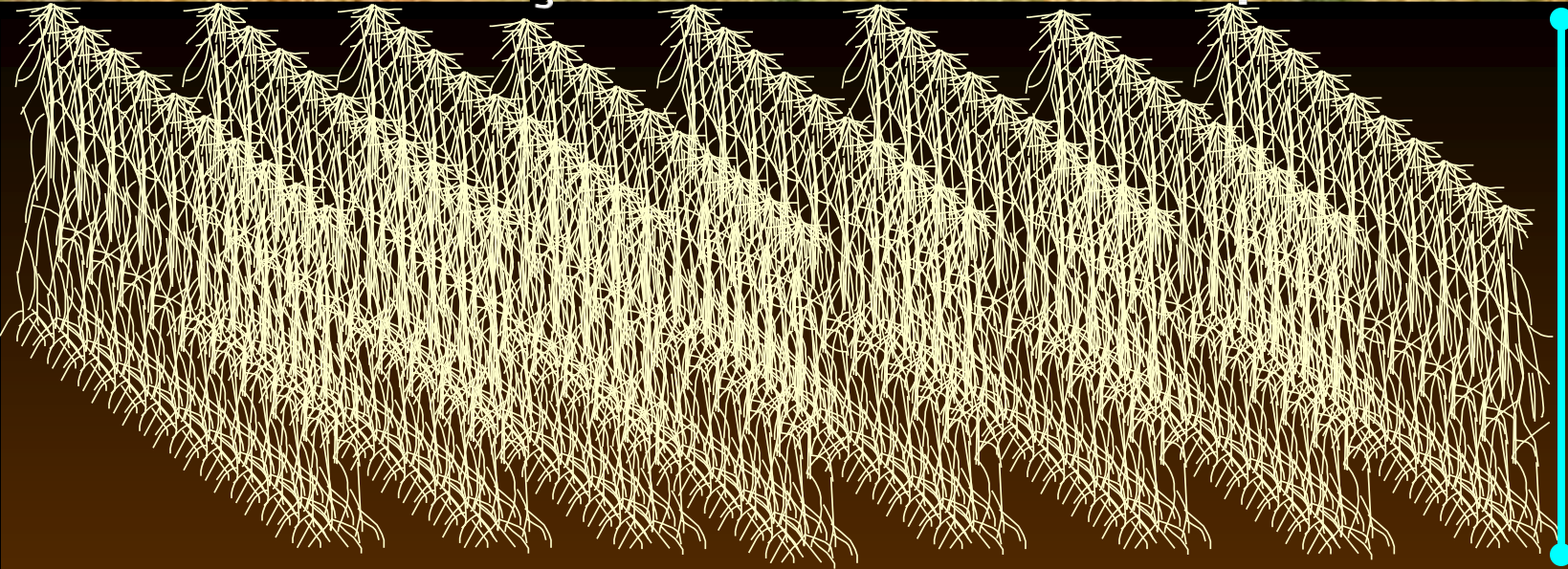
NO_3^-

Altera pH

Elevada exsudação de açúcares simples

Massa radicular de aveia

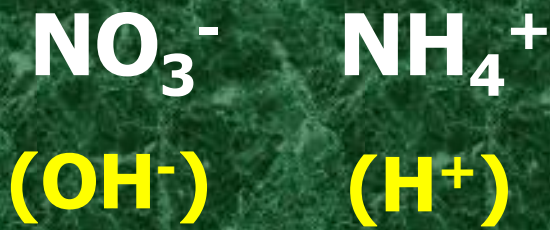
- > porosidade do solo
- > redistribuição de nutrientes no perfil



Aumento do comprimento raadicular Até 1,2 m

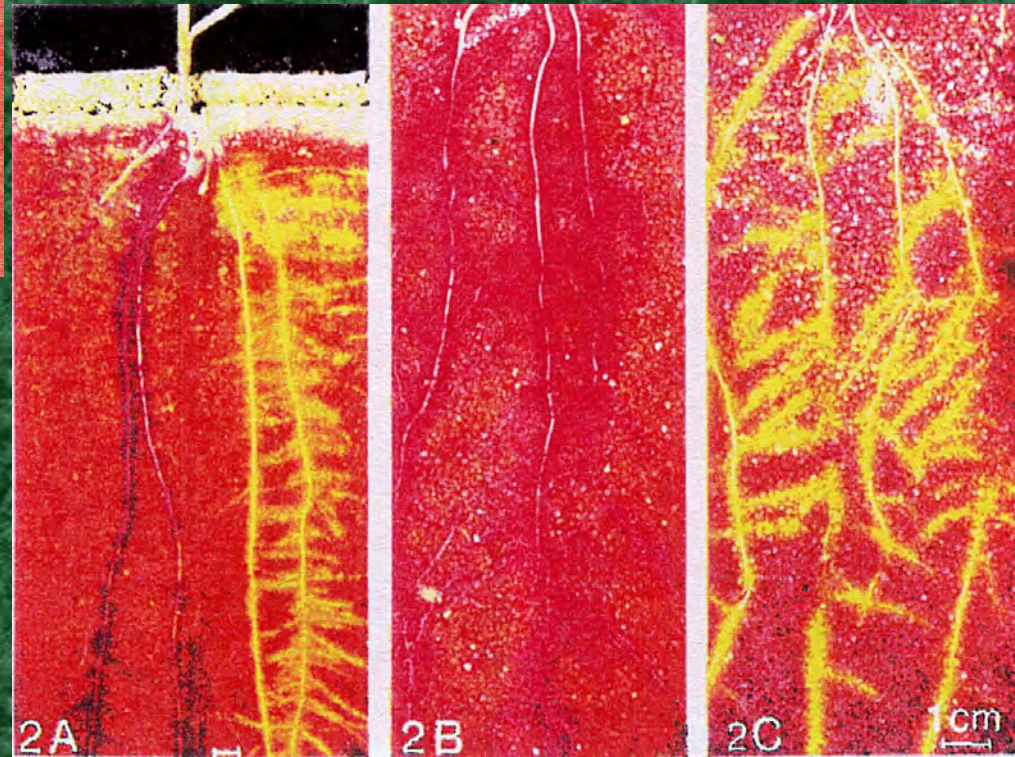
Reação na rizosfera

Extrusão de prótons (H^+) e hidroxila (OH^-)



pH ↑

pH ↓

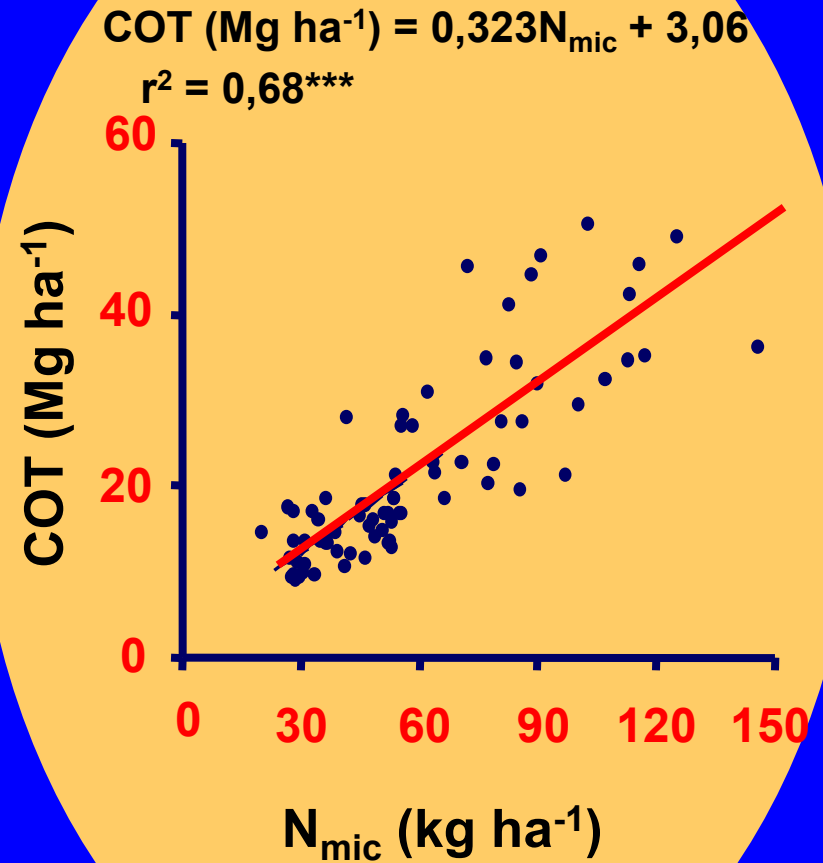
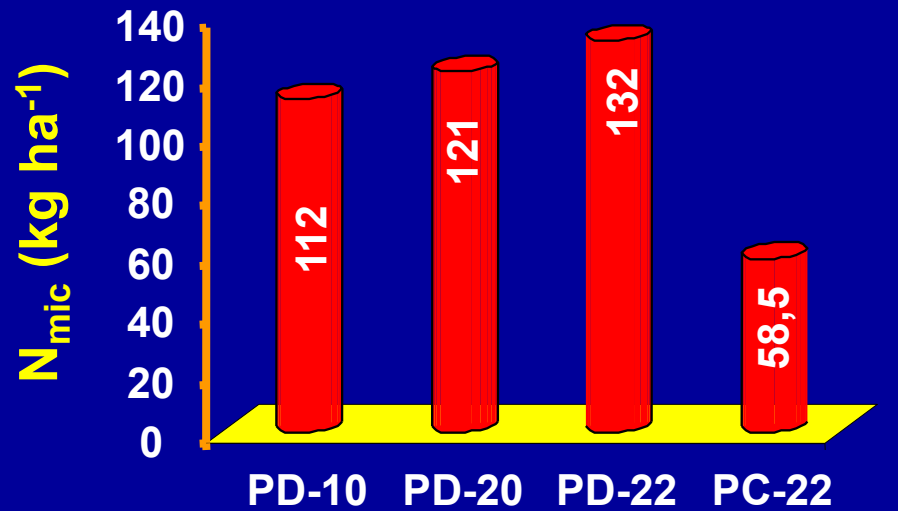
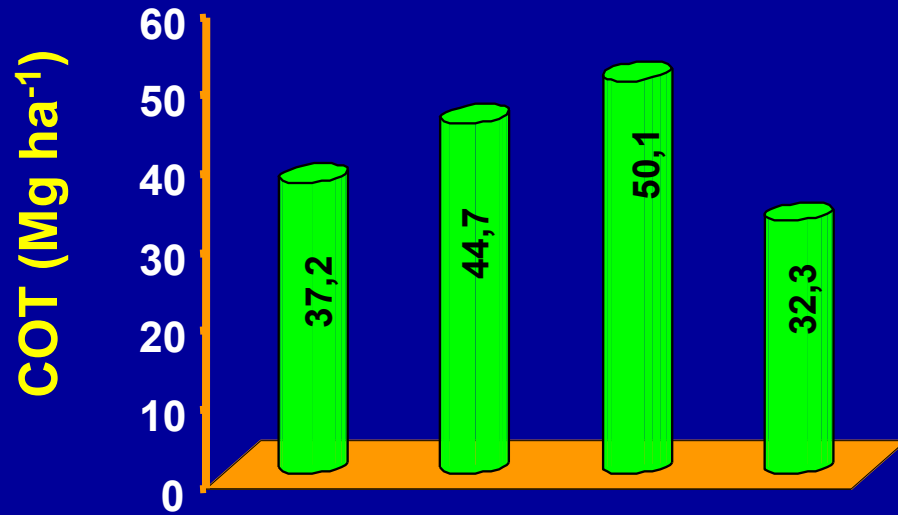


Alterações nas reações de acidez em função do sistema de produção



**Processos microbiológicos de
transformação do N no solo e
contribuição na acidez**

COT x Nmic



Causas da acidez no SPD

Decomposição da palhada
(grupos carboxílicos e fenólicos)

Reação de adubos nitrogenados
(nitrificação => + 3H⁺/mol NH₄⁺)

Remoção de bases pelos grãos
(Exportação de Ca²⁺ e Mg²⁺)



Performance das culturas em várias situações sob plantio direto

Autor	Região	SPD (Anos)	Cultura	Rend. (ton/ha)
Sá (1993)	Campos Gerais/PR (40) ¹	> 5	Soja	3,11
			Milho	7,28
Salet (1996)	Planalto/ RS (15) ¹	> 8	Soja	2,9
			Milho	6,2
			Trigo	2,8

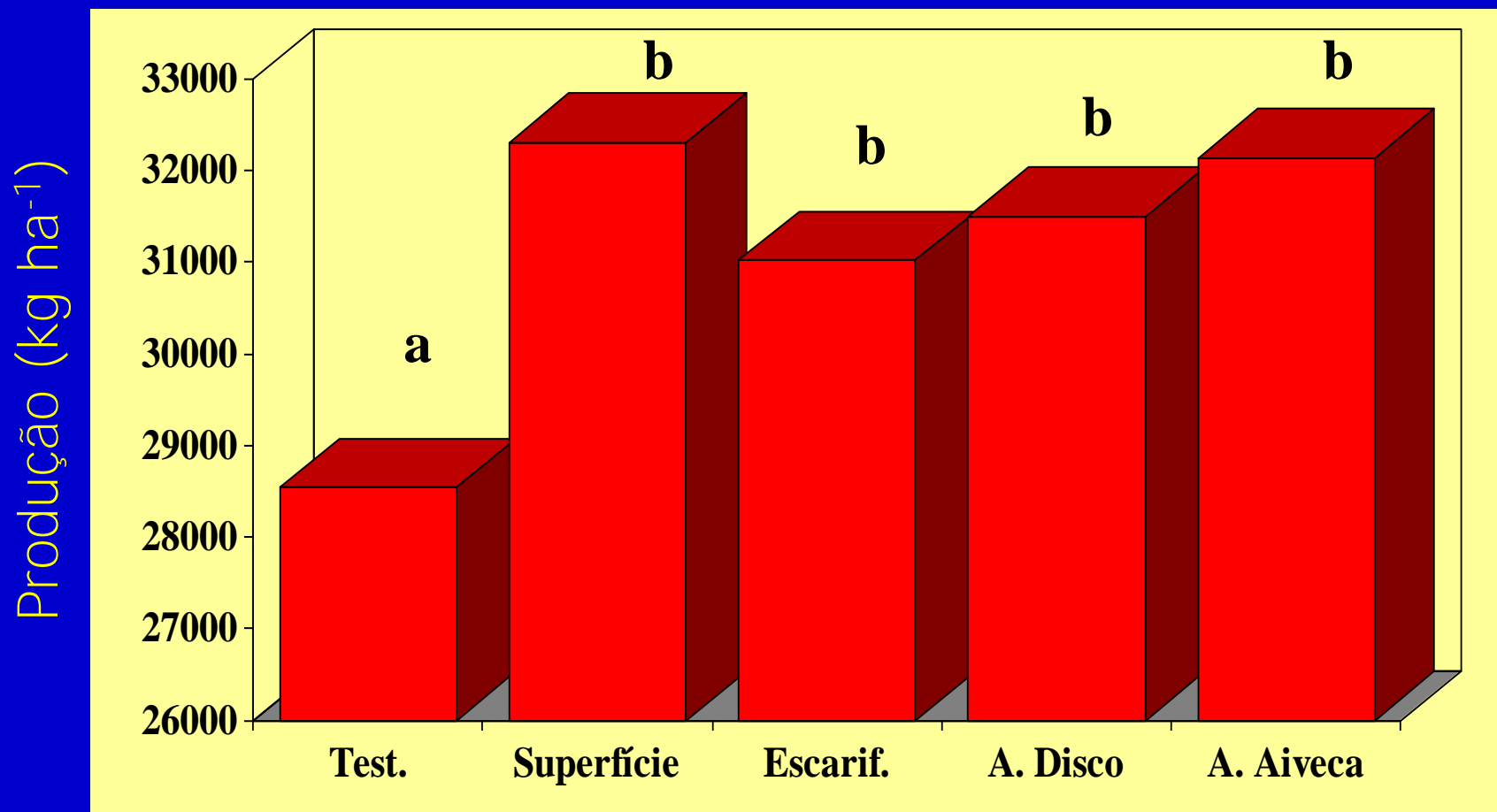
¹ Número de áreas avaliadas

Espécies e atividade de Al em solução em função do manejo do solo (Salet et al., 1999)

Espécie Atividade	Manejo do Solo	
	PC	PD
	----- % -----	
Al^{3+}	4,0	2,5
$AlOH^{2+}$	1,6	1,6
$Al(OH)_2^+$	42	25
$Al(OH)_3$	1,3	0,7
$Al(OH)_4^+$	<0,1	<0,1
$AlSO_4^-$	0,6	0,2
$AlH_2PO_4^{2+}$	<0,1	<0,1
Al-Lig. Org.	49	70
Atividade Al	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-6}$

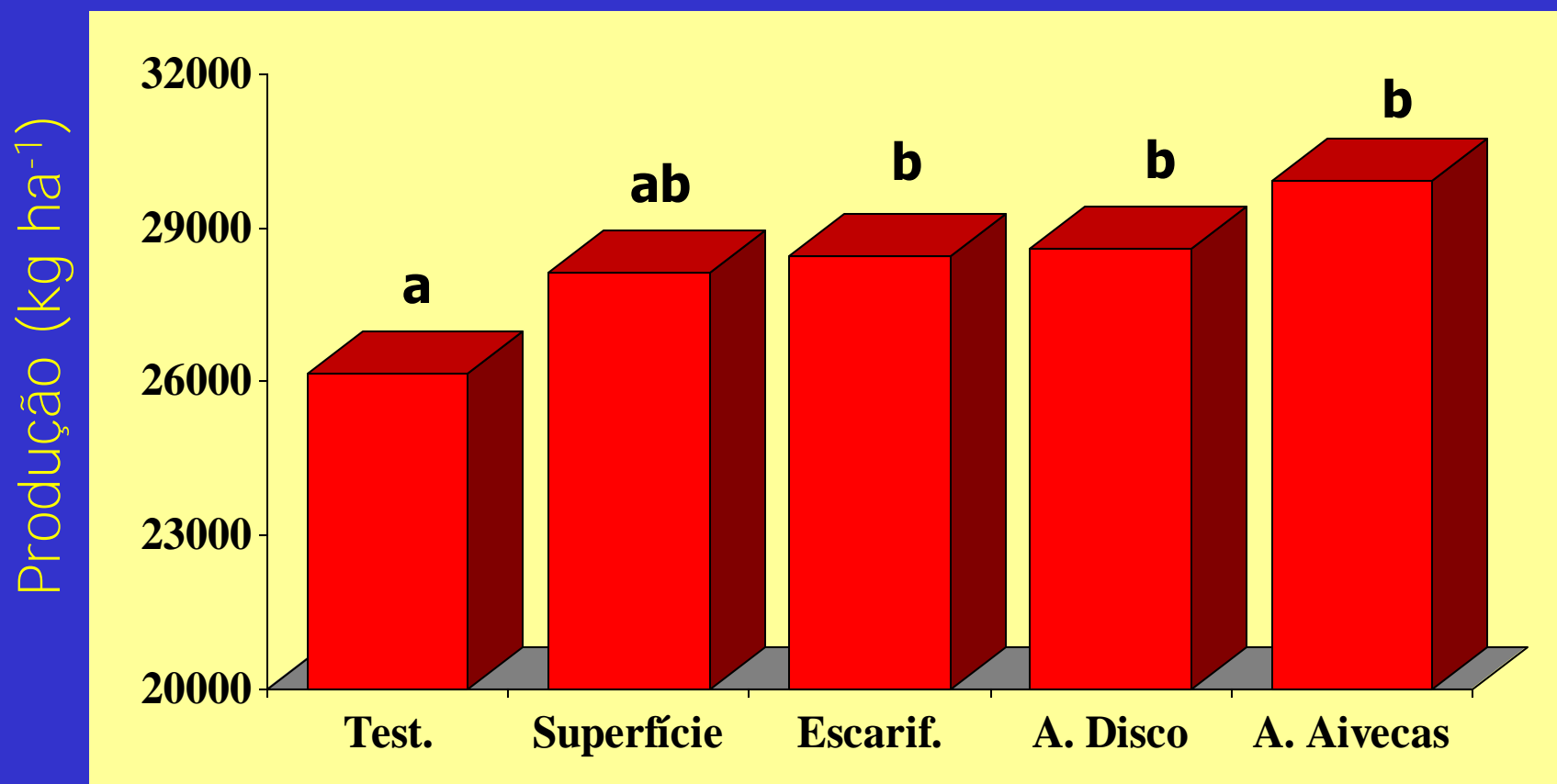
Resposta das culturas (Soja/Milho/Trigo) a métodos de calagem no período de 90/91 a 95/96 (Cultivares tolerantes a acidez)

64 g kg⁻¹ argila; NC = 7,1 (0-20 cm)



Métodos de calagem

Resposta das culturas (Soja/Milho/Trigo) a métodos de calagem no período de 90/91 a 95/96 (Cultivares sensíveis a acidez)



Métodos de Calagem

Resposta das culturas sob plantio direto no PR

Cultura	Solo		Rend. médio	Dose	Aum. médio	Fonte
	pH	Al				
		Cmol _c kg ⁻¹	----- Mg ha ⁻¹ -----		---%---	
Soja	4.1	0.85	1.8	5.5	42	Oliveira & Pavan, 1996
	4.1	1.22	2.8	2.0	20	Sá, 1993; 1999
	4.5	0.60	2.8	4.0	9	Caires et al., 2000
Milho	4.1	1.22	8.2	2.0	9	Sá, 1993; 1999
	4.5	0.60	9.5	4.0	4	Caires et al., 2000
Trigo	4.1	1.22	8.2	2.0	4	Sá, 1993; 1999
	4.5	0.60	9.5	4.0	34	Caires et al., 2000

Resposta das culturas em diferentes solos sob plantio direto no RS

Solos	SPD (Anos)	Acidez	Cultura	Rend. (ton/ha)
LVD	7	pH _(H₂O) 4,7	Soja	2,42
Arg.		Al 2,31	Trigo	1,77
		NC 10,7	Milho	4,31
LVA	10	pH _(H₂O) 4,6	Soja	2,81
Arg.		Al 1,88	Trigo	1,77
		NC 7,2	Milho	6,46

Fonte: Pottker & Ben, 1997

Resposta das culturas em diferentes solos sob plantio direto

Solos	SPD (Anos)	Acidez	Cultura	Rend. (ton/ha)
LVD	10	pH _(H2O) 4,1	Soja	2,94
Arg.		Al 1,25	Trigo	1,86
		NC 7,1	Milho	8,20
LVA	2	pH _(H2O) 4,1	Soja	2,81
Aren.		Al 0,63	Trigo	2,17
		NC 4,1	Milho	6,46

Al deslocado por uma solução de KCl 1N

Manejo	LVA (8 anos)		LVD (11 anos)	
	pH _{H2O}	Al troc. Cmol _c kg ⁻¹	pH _{H2O}	Al troc. Cmol _c kg ⁻¹
PD	5,0	0,44	4,9	1,80
PC	5,0	0,92	5,0	2,10

Fonte: Salet, 1998

Características da acidez e necessidade de calagem no SPD

Solo	SPD	Caract. da Acidez (0-20)		
	Anos	pH _{H2O}	Al/CTCe ----- % -----	NC ¹
LVA	10	4,6	18	7,2
LVD	7	4,7	44	10,7

¹ Necessidade de calagem pelo SMP, pH=6,0

Fonte: Pottker & Ben, 2000

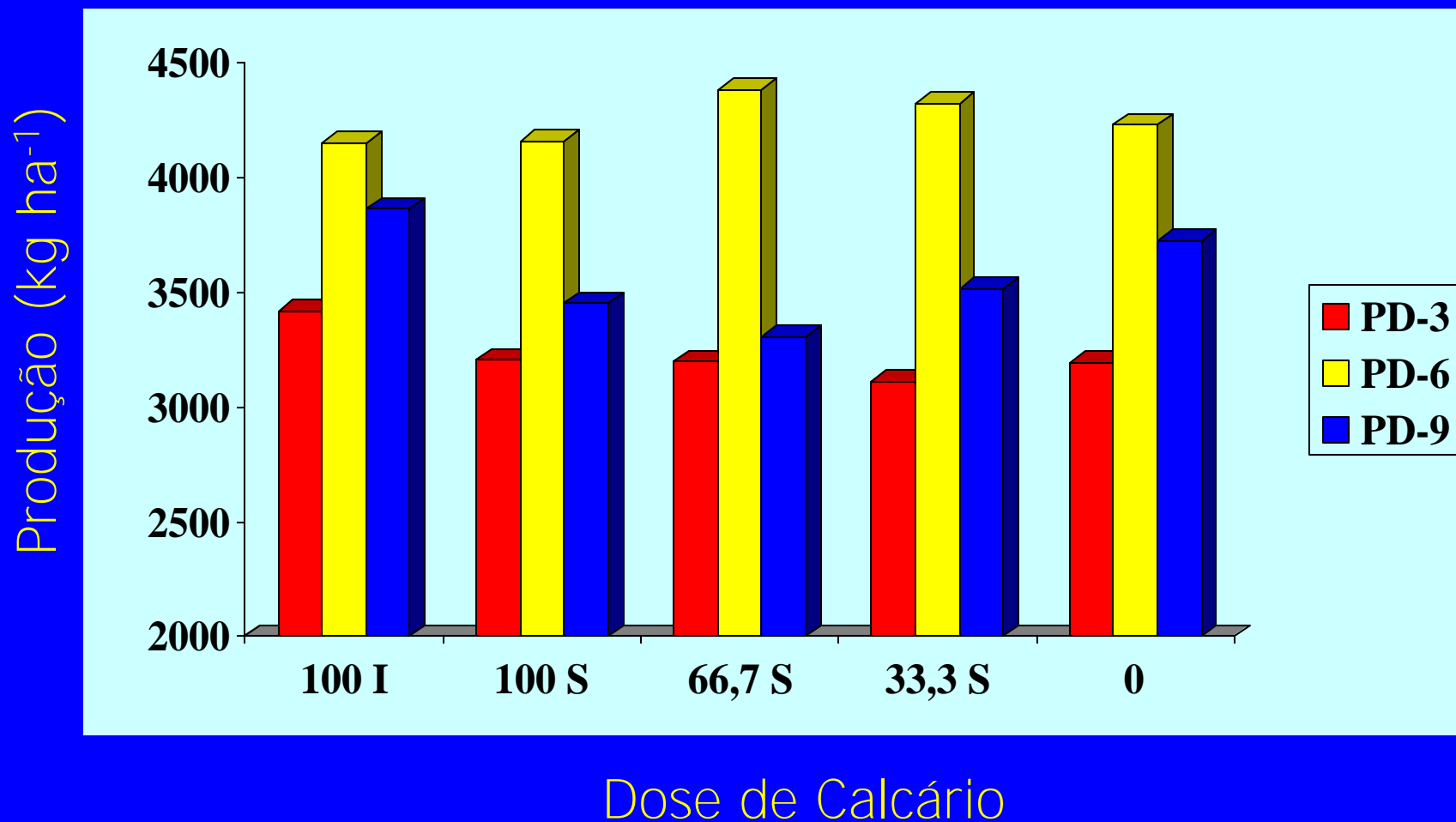
Resposta das culturas a calagem superficial em SPD no planalto do RS

Solo	Sem	Calcário superficial ¹					Calc. Inc.
	Calc.	1/16	1/8	1/4	1/2	1/1	
		----- ton/ha -----					
LVA	15,8	17,4	17,6	17,6	17,9	17,9	17,6
LVD	12,5	13,9	13,7	13,8	14,3	14,7	14,9
Méd.	14,1	15,6	15,7	15,7	16,1	16,3	16,3

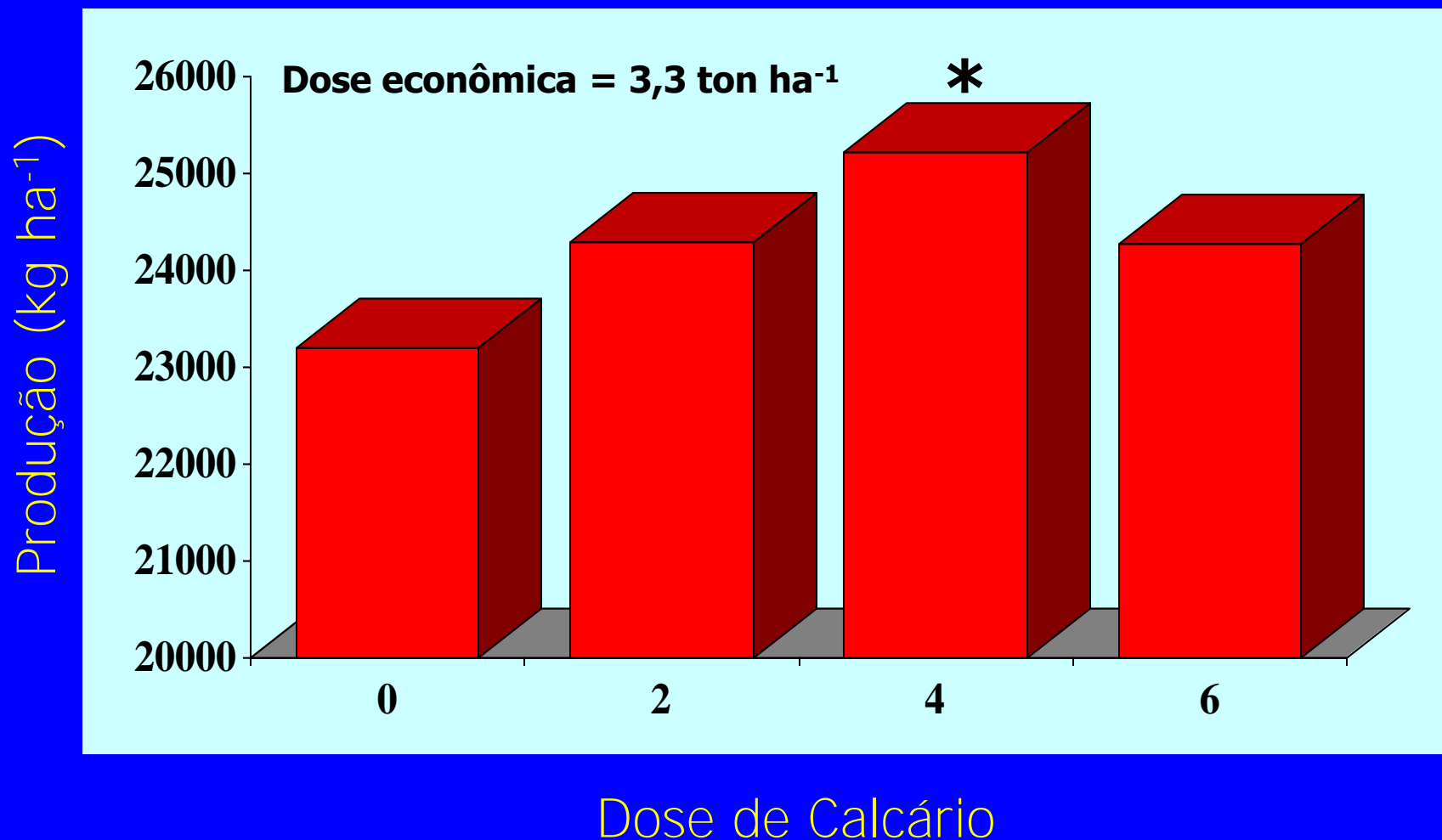
¹ Necessidade de calagem pelo SMP, pH=6,0

Fonte: Pottker & Ben, 2000

Produção de soja afetada pela calagem em diferentes tempos de adoção do SPD



Produção acumulada de grãos (Sj, Mh, Tr, Trt) em função de doses de calcário em superfície no período de 93/94 a 97/98.



Recomendação de calagem para solos sob plantio direto nos Estados do RS e SC

Calagem anterior	Prof. (cm)	Fator	Dose
Lavoura			
Não	0 a 10	pH < 5,5 ou V% < 60	½ SMP _{pH 5,5}
Sim	0 a 10	pH < 5,5 ou V% < 60	½ SMP _{pH 5,5}
Campo natural			
Não	0 a 10	pH < 5,5 ou V% < 60	½ SMP _{pH 6,0}
Sim	0 a 10	pH < 5,5 ou V% < 60	½ SMP _{pH 6,0}

Conclusões

- ✓ As maiores respostas à calagem ocorrem na fase de transição e interface com a consolidação do SPD
- ✓ Áreas com mais de 15 anos no SPD apresentam baixa resposta à calagem e parece estar associada ao efeito tamponante da MOS.

Conclusões

- ✓ Com a estabilização do SPD e aumento da MOS a liberação de prótons H^+ ao meio, através das reações de nitrificação, não causa grandes variações no pH devido ao aumento do efeito tampão do solo
- ✓ A MOS é o componente-chave nos processos de transformação de atributos da fertilidade do solo no SPD e reguladora de mecanismos da acidez



★ O aumento da fertilidade em solos de carga variável no sistema plantio direto é resultante da interação do não revolvimento do solo associado à manutenção dos resíduos culturais