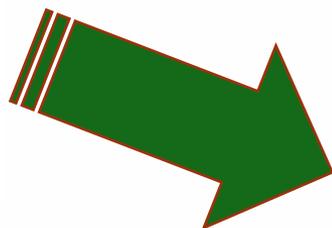


Para alimentar nosso povo é preciso, primeiro, alimentar nosso solo
(Amit Roy, IFDC)



Conceito 4 C



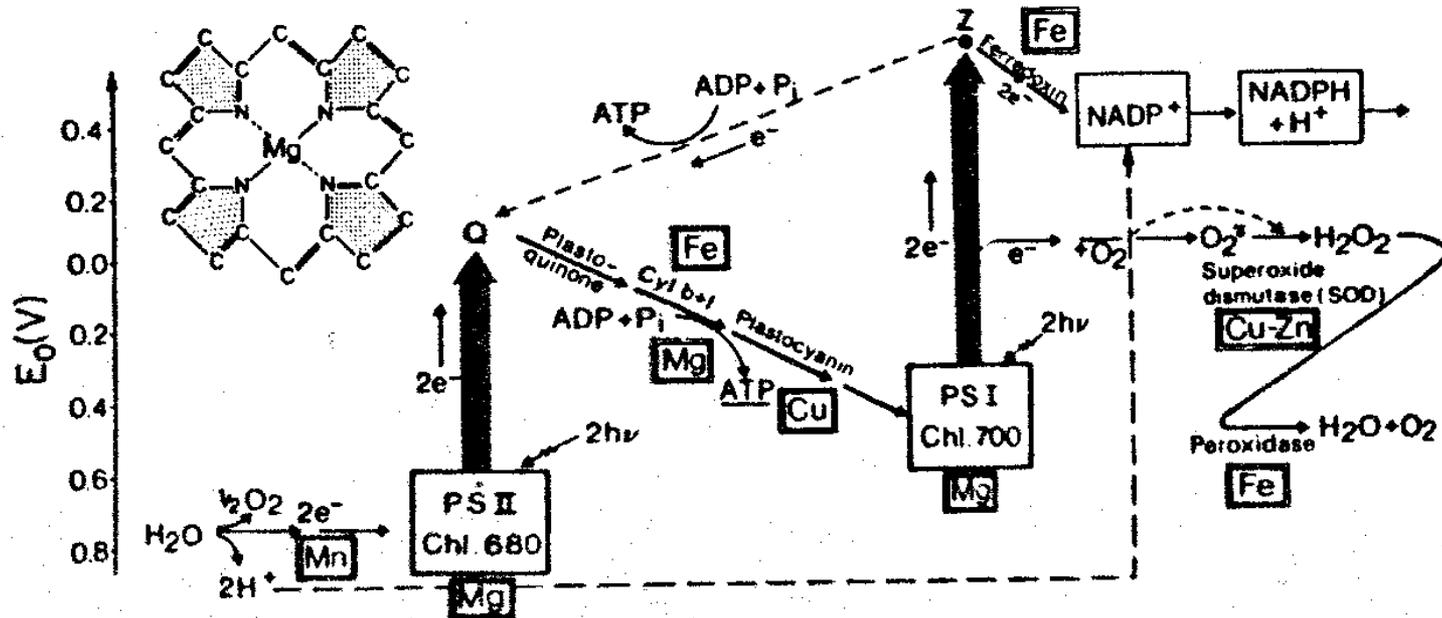
“4 certos”

INTERESSE PELA UTILIZAÇÃO DE MICRONUTRIENTES



- ✓ Solos dos cerrados são originalmente deficientes em micronutrientes;
- ✓ O aumento da produtividade com > remoção de micronutrientes;
- ✓ A incorporação inadequada de calcário (deficiências induzidas);
- ✓ O aumento na utilização de fertilizantes NPK de alta concentração;
- ✓ O aprimoramento de ferramentas como análise de solos e análise foliar como instrumentos de diagnose de deficiências e toxidez de micronutrientes.

A IMPORTÂNCIA DA NUTRIÇÃO MINERAL



Esquema fotossintético da planta

CONTEÚDO DE MICRONUTRIENTES: F (ROCHA E SOLO)

Micronutriente	Teor no solo	ppm
Fe	10.000	100.000
Mn	20	3.000
Zn	10	300
Cu	10	80
B	7	80
Mo	0,2	10

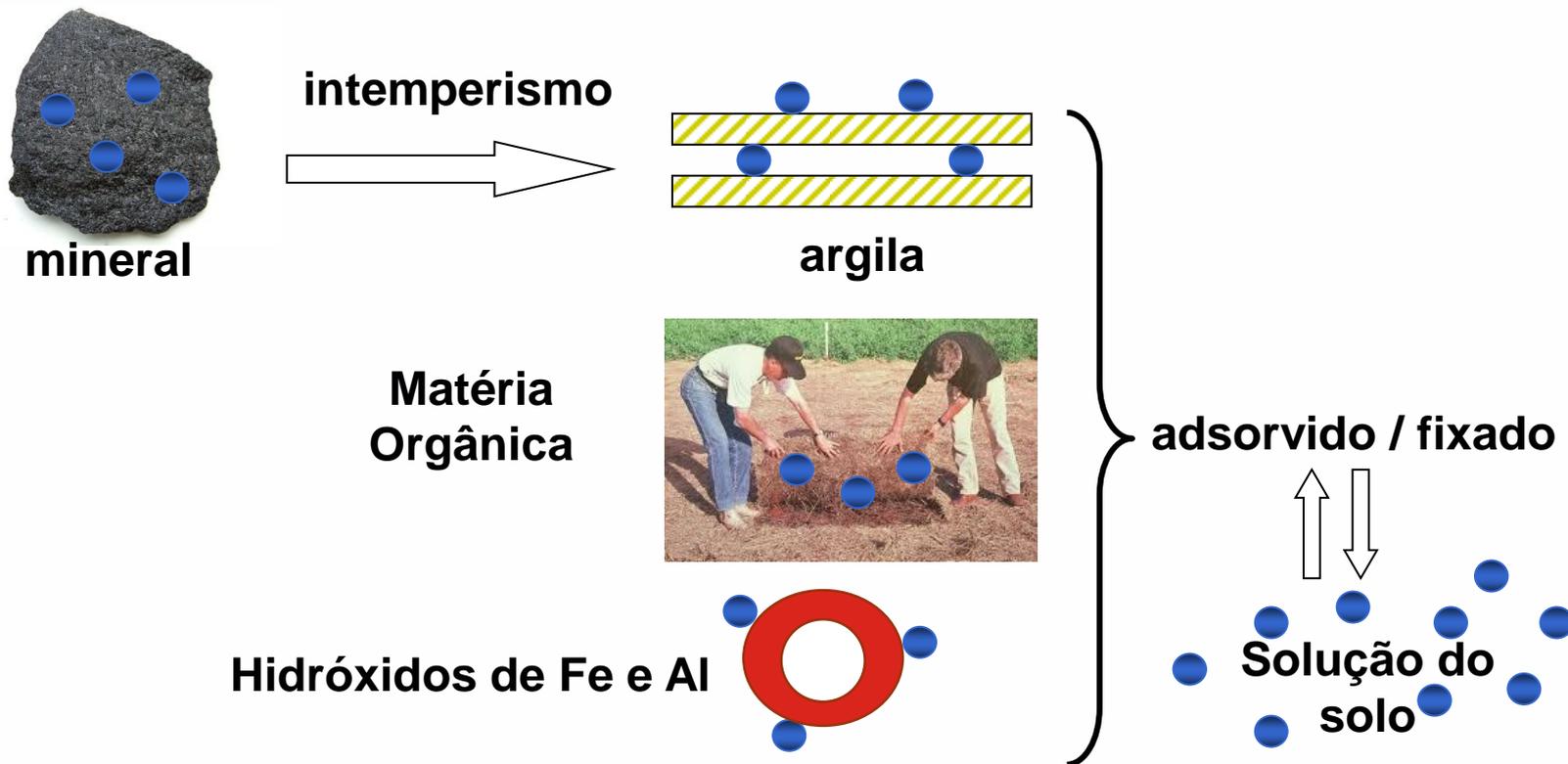
Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo

Ordem encontrada no solo

Origem dos micronutrientes do solo

- ✓ Rocha matriz (material de origem)
- ✓ Resíduos animais e vegetais
- ✓ Corretivos e fertilizantes
- ✓ Defensivos agrícolas

MICRONUTRIENTES NO SOLO: FORMAS DE LIGAÇÃO



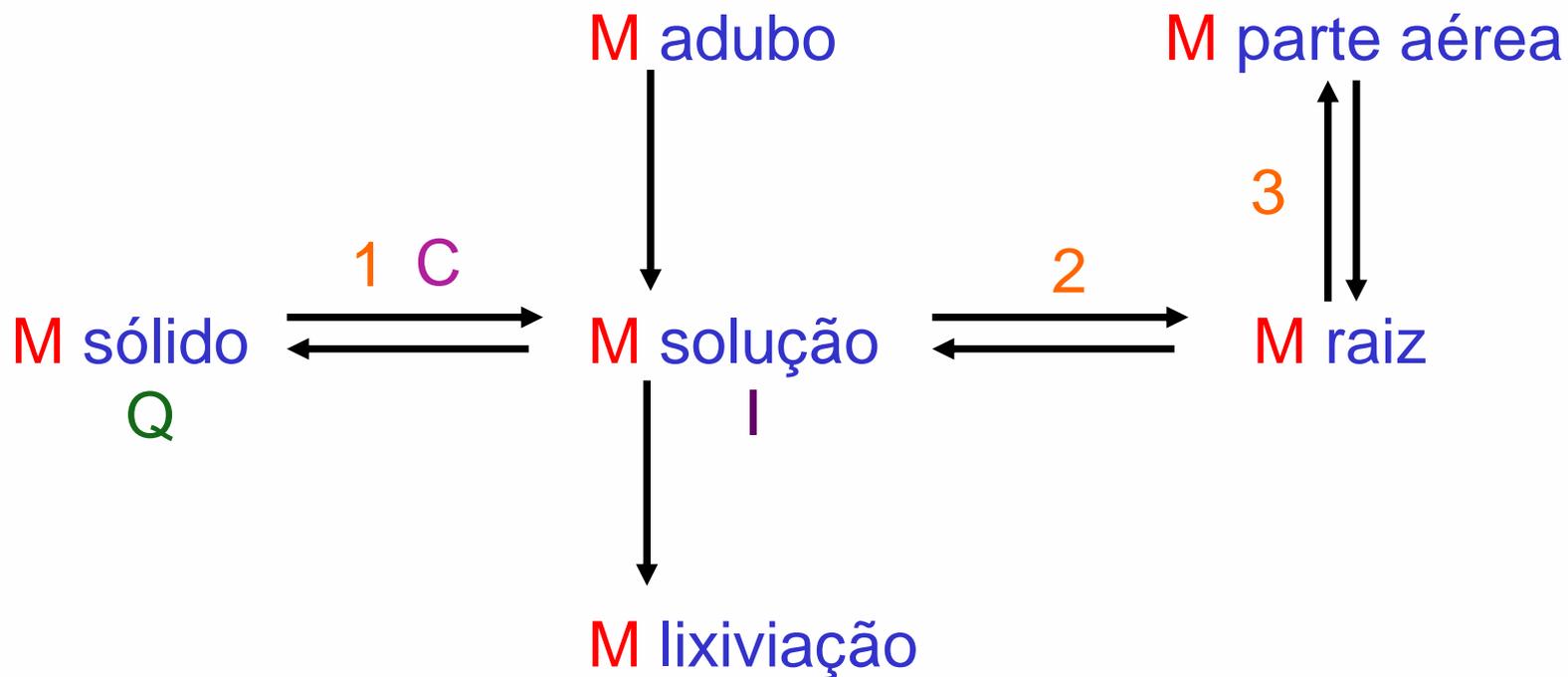
Conteúdo total >>> fração trocável >>> fração Solução do Solo

➤ **baixa disponibilidade para as plantas!**

EQUILÍBRIO DOS MICRONUTRIENTES NO SOLO



EQUILÍBRIO DOS MICRONUTRIENTES NO SOLO



M = micronutriente

Q = quantidade

C = capacidade

I = intensidade

Comportamento dos micronutrientes no solo

Cinco frações de micro no solo:

✓ Solução do solo; (I) → Disponível

✓ Trocável; (C)

✓ Adsorvido quelatizado ou complexado;

✓ Argilas e óxidos metálicos insolúveis;

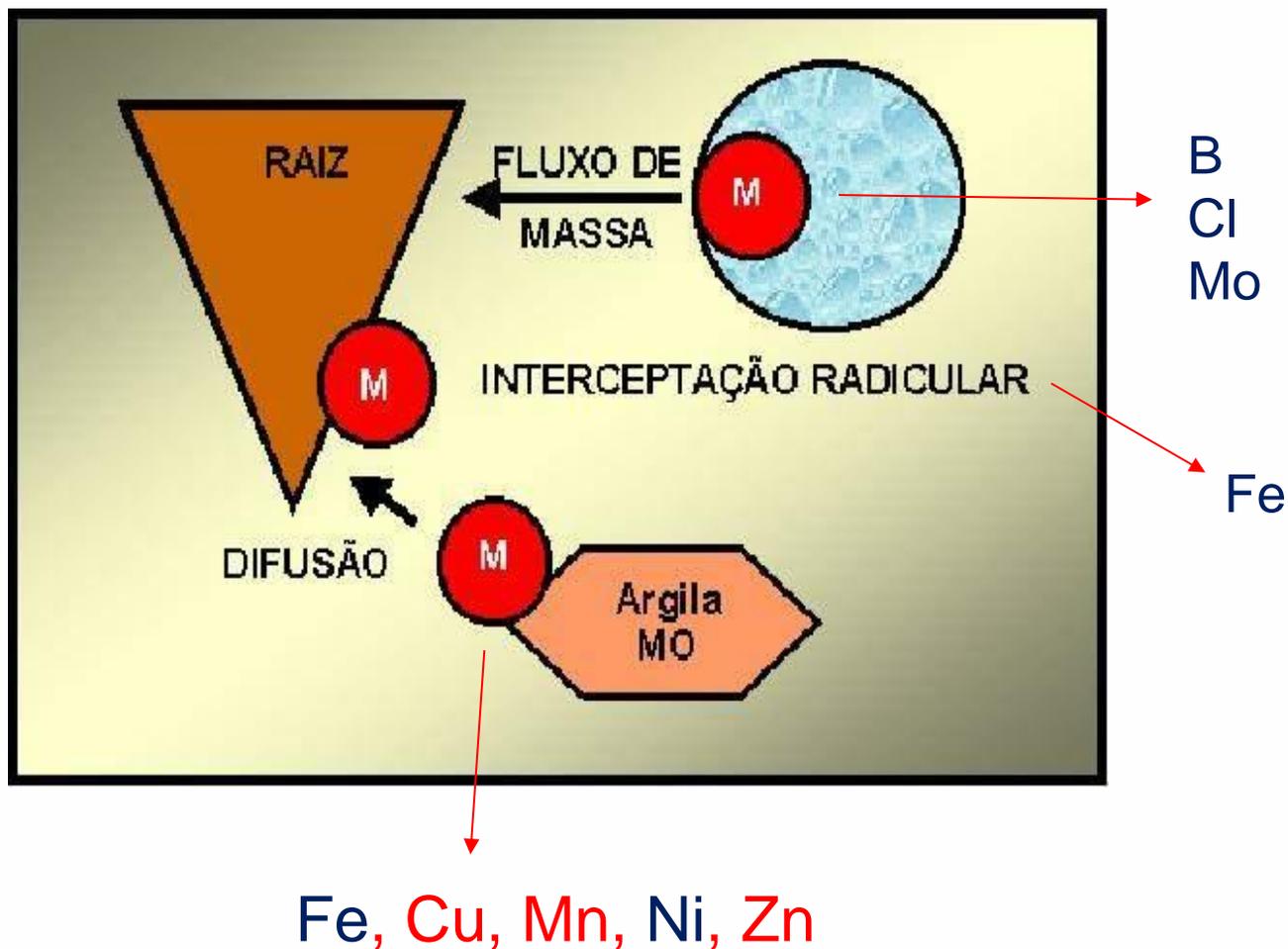
✓ Minerais primários.

} (Q)

FORMAS DE ABSORÇÃO PELAS RAÍZES DAS PLANTAS

NUTRIENTE	FORMAS
BORO (B)	$B(OH)_3$, $H_2BO_3^-$
CLORO (CL)	CL^-
COBRE (CU)	CU^{2+}
FERRO (FE)	FE^{2+}
MANGANÊS (MN)	MN^{2+}
MOLIBDÊNIO (MO)	MoO_4^{2-}
ZINCO (ZN)	ZN^{2+}
COBALTO (CO)	Co^{2+}
SILÍCIO (SI)	$Si(OH)_4$
NÍQUEL (NI)	NI^{2+}

ABSORÇÃO: CONTATO ÍON - RAIZ



ABSORÇÃO: CONTATO ÍON - RAIZ

1) Fluxo de massa (Lixiviação)



2) Difusão (Fixação no solo)



RELAÇÃO ENTRE O PROCESSO DE CONTATO E A LOCALIZAÇÃO DOS FERTILIZANTES

Elemento	Processo de contato			Aplicação de fertilizantes
	Interceptação radicular	Fluxo de massa	Difusão	
	(% do total)			
B	3	97	0	Distante, em cobertura (parte)
Mo	5	95	0	Cobertura
Cu*	15	5	80	Próximos das raízes
Fe*	40	10	50	Próximos das raízes
Mn*	15	5	80	Próximos das raízes
Zn*	20	20	60	Próximos das raízes

* Aplicação Foliar/Aplicação em Mudas



**CUIDADO COM OS
DESEQUILIBRIOS
NUTRICIONAIS !!**

“ Nutrir bem não significa adubar mais.”

**FATORES ASSOCIADOS À
DEFICIÊNCIA E DISPONIBILIDADE
DE MICRONUTRIENTES NO SOLO**

Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

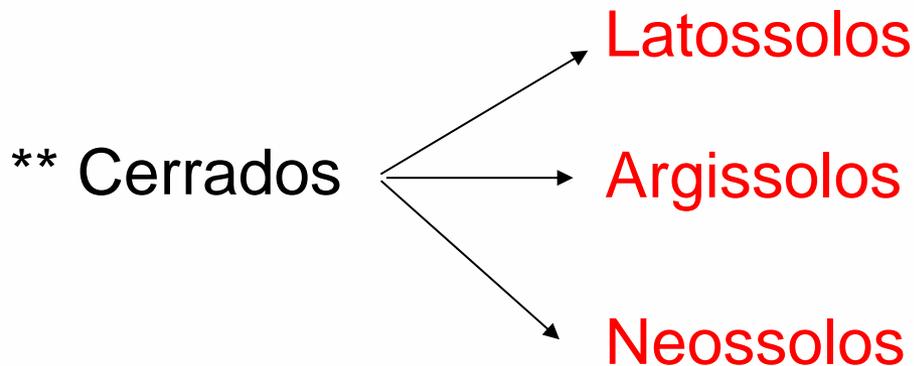
- a) Material de origem do solo
- b) Textura do solo
- c) Aeração do solo
- d) Práticas culturais
- e) Características genéticas da planta
- f) Desbalanceamento entre nutrientes
- g) Altas produtividades

Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

a) Material de Origem (rocha matriz)

BASALTO* > GRANITO > CALCÁRIO > XISTO > ARENITO**

* Micronutrientes metálicos



UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO CERRADO

- Análise de 518 amostras da superfície de solos virgens do cerrado do Brasil Central.

MICROS	NÍVEL CRÍTICO (MG DM ⁻³)	ABAIXO DO NÍVEL CRÍTICO (%)	INTERVALO	MÉDIA
			----- (MG DM ⁻³) -----	
COBRE	1,0	70	0,0 - 9,7	0,6
ZINCO	1,0	95	0,2 - 2,2	0,6
MANGANÊS	5,0	37	0,6 - 92,2	7,6

✓ Níveis de micronutrientes em 2.770 amostras de solo coletadas pela Fundação MT em 2002.

Nível	B	Cu	Mn	Zn
----- (% do total) -----				
Baixo	61,7	15,1	2,3	11,4
Médio	30,0	28,2	9,8	8,5
Alto	8,3	56,7	87,9	80,1
Médio (ppm)	0,3-0,5	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6

Fonte: Leandro Zancanaro, Fundação MT, 2004

Resultados de 268 análises foliares de soja em 200.000 ha de área cultivada (MT, MS e GO).

Nutrientes	% das amostras com deficiência
Nitrogênio	2,9
Fósforo	2,2
Potássio	32,8
Cálcio	0
Magnésio	3,3
Enxofre	0,7
Cobre	74,2
Boro	8,9
Manganês	32,1
Zinco	0

Fatores que podem promover ou inibir a absorção de ZINCO pelo Milho

**PROMOVEM
ABSORÇÃO**

Zinc efficient variety

1. altos teores de Zn
2. solos ácidos;
3. aplicação de resíduos (esterco).

**INIBEM A
ABSORÇÃO**

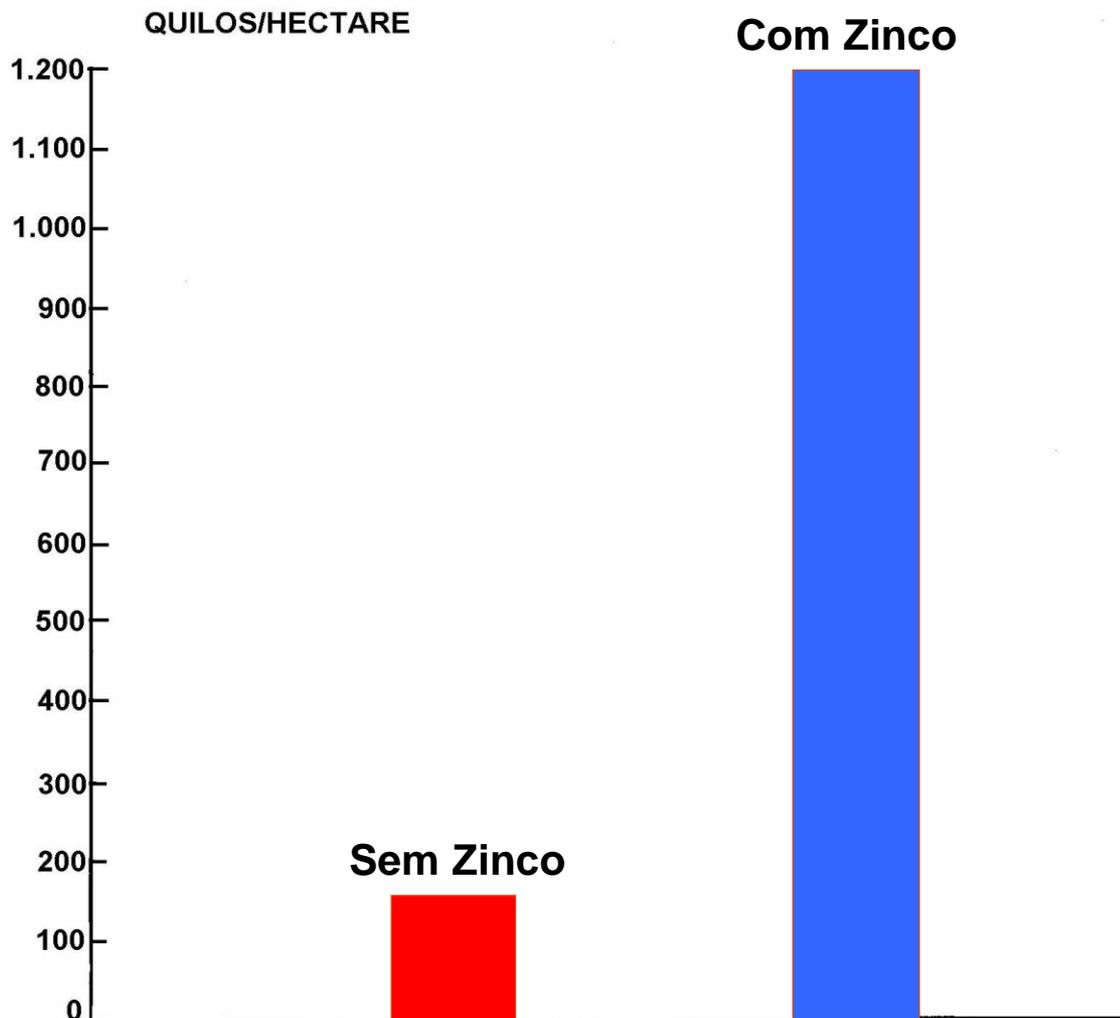
Zinc inefficient variety

1. baixos teores de Zn
2. pH elevado;
3. alto teor de fósforo

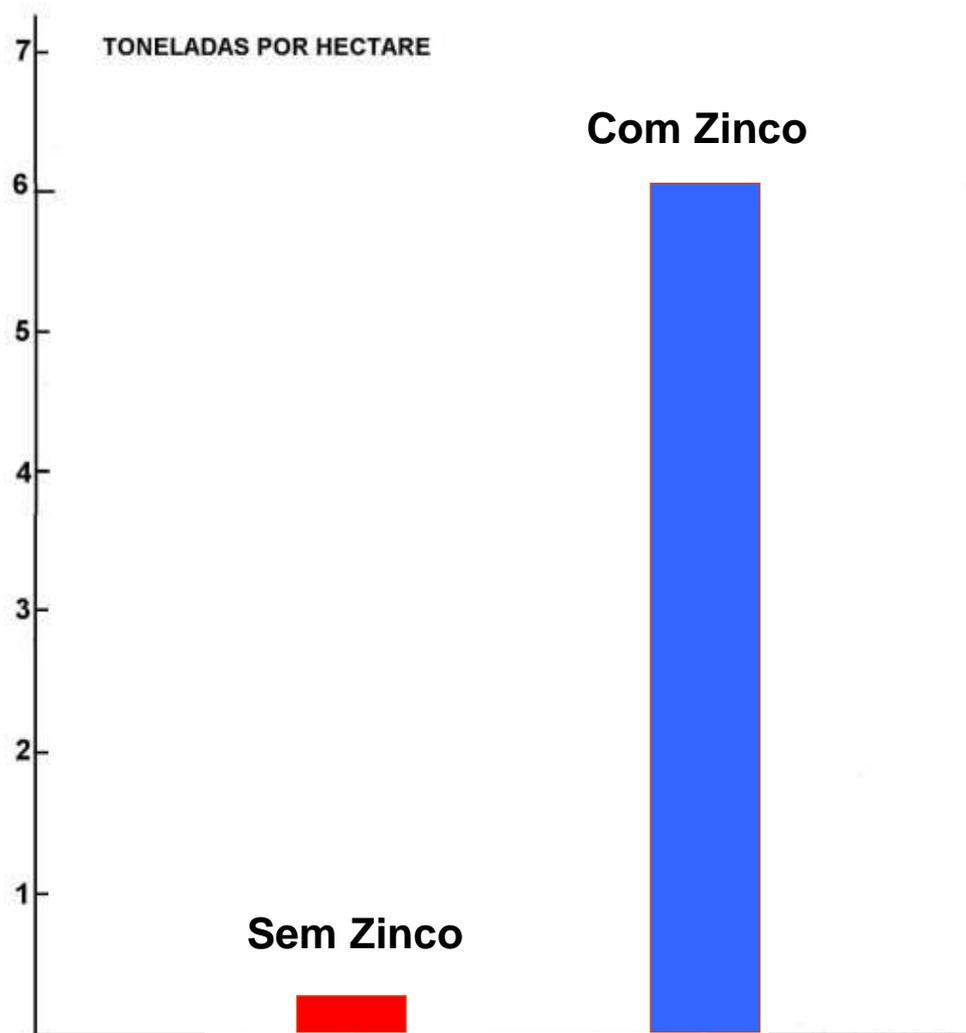
Formas de N?
(NO_3^- ou NH_4^+)

Alloway 2003

RESPOSTA DO ARROZ AO ZINCO NO CERRADO DO CENTRO OESTE



EFEITO DO ZINCO NA PRODUÇÃO DE MILHO EM PLANALTINA, DF

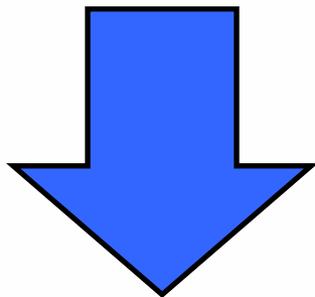


Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

b) Textura do Solo

Geral:

Solos Arenosos e Pobres em Matéria Orgânica



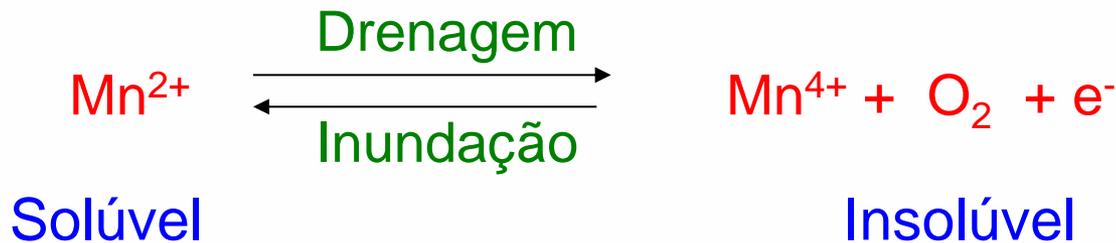
Deficientes em Micronutrientes

Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

c) Aeração do Solo

Manganês:

Aeração excessiva diminui a solubilidade de manganês.



Culturas anuais: Fe > Mn (deficiência de Mn)



SOJA MN X AERAÇÃO





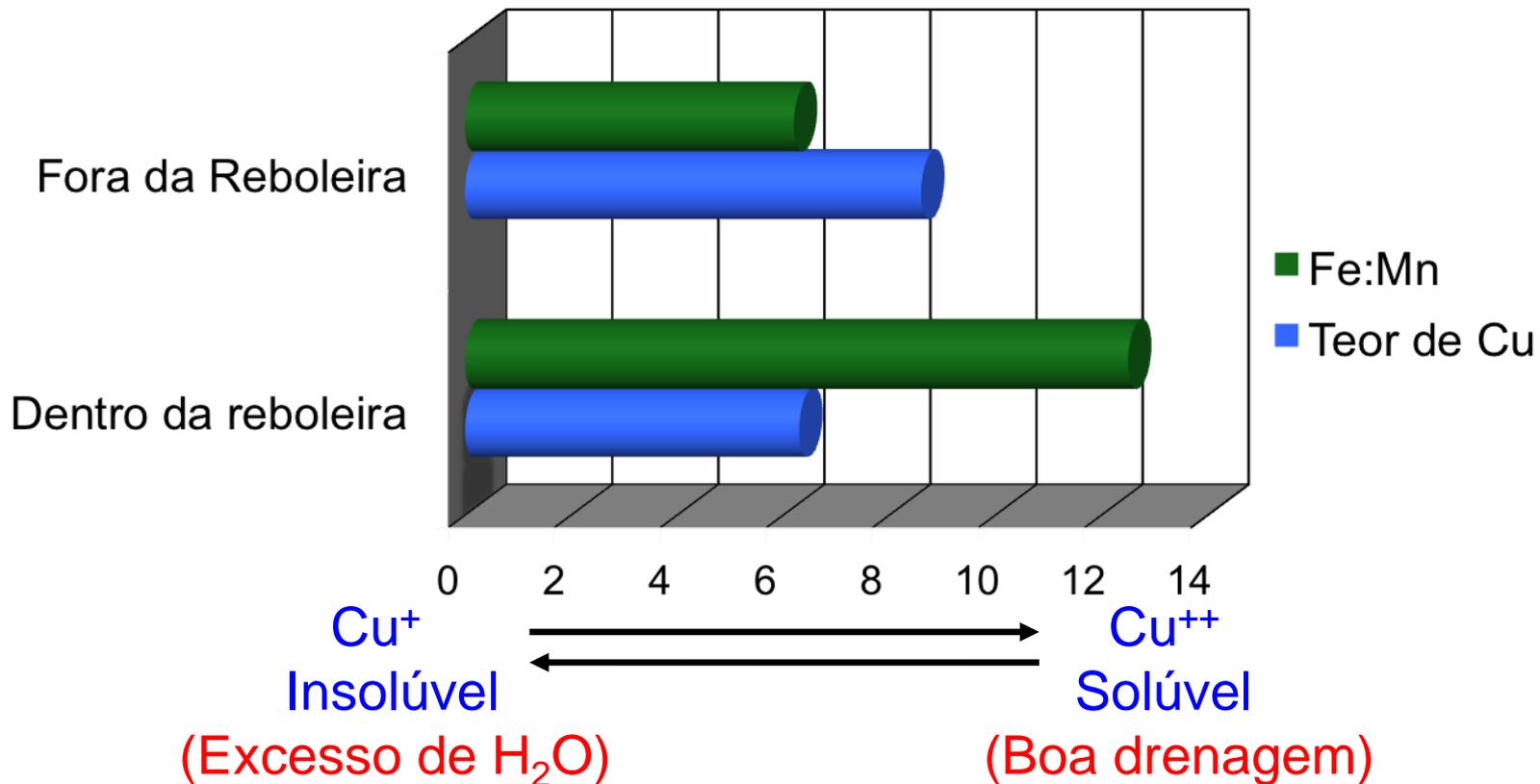
Fe/Mn = 1/1

Fe = 218 mg.kg⁻¹

Mn = 109 mg. kg⁻¹

Fe/Mn = 2/1

Local	Cu	Fe	Mn	Zn	Fe:Mn
	mg.kg ⁻¹				
Dentro da reboleira	6,3	364,9	29,2	24,8	12,5
Fora da reboleira	8,6	294,4	47,8	30,0	6,2



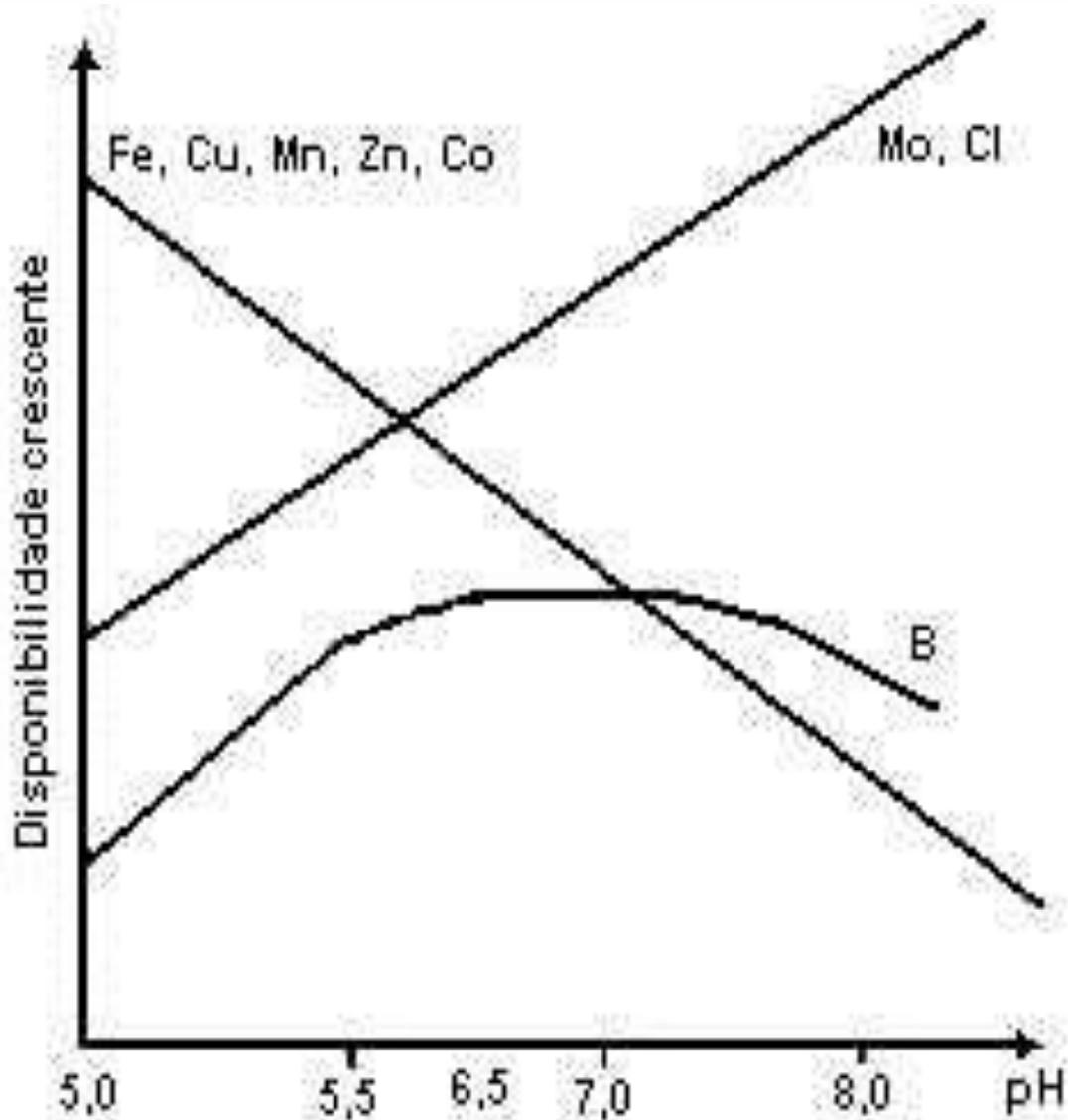
Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

d) Práticas Culturais

d.1) Calagem

CÁTIONS - Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} - Diminui disponibilidade

ÂNIONS - MoO_4^{2-} e Cl^- - Aumenta a disponibilidade

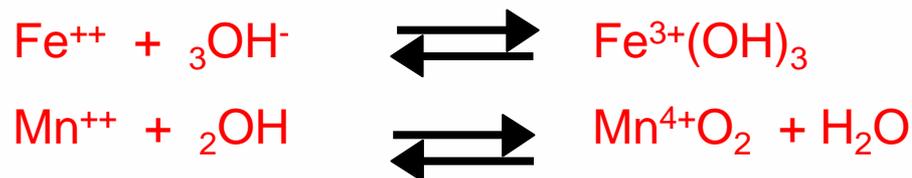


d.1) Calagem

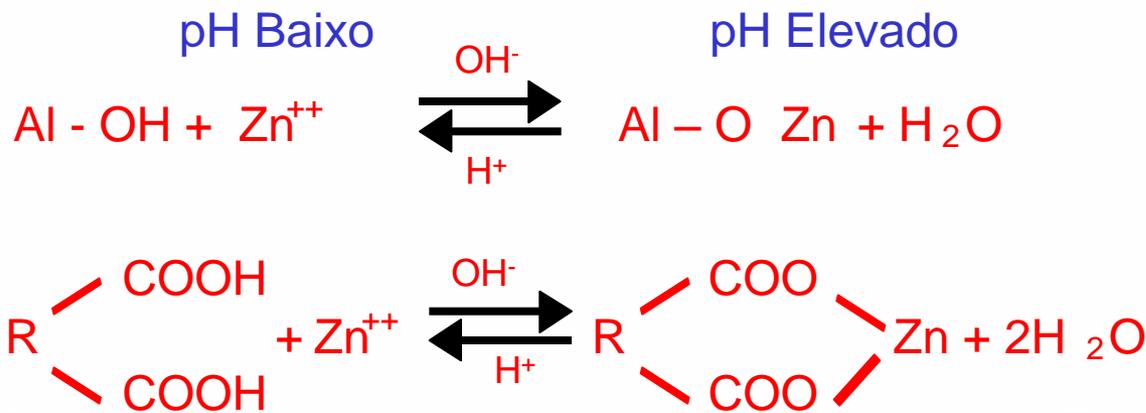
d.1.1) CÁTIONS

A elevação do pH provoca a diminuição na disponibilidade

Mecanismos: (1) Precipitação pelo OH^- na solução do solo



(2) Fixação ↑ Adsorção específica na fração coloidal do solo (Zn, Cu, Mn)

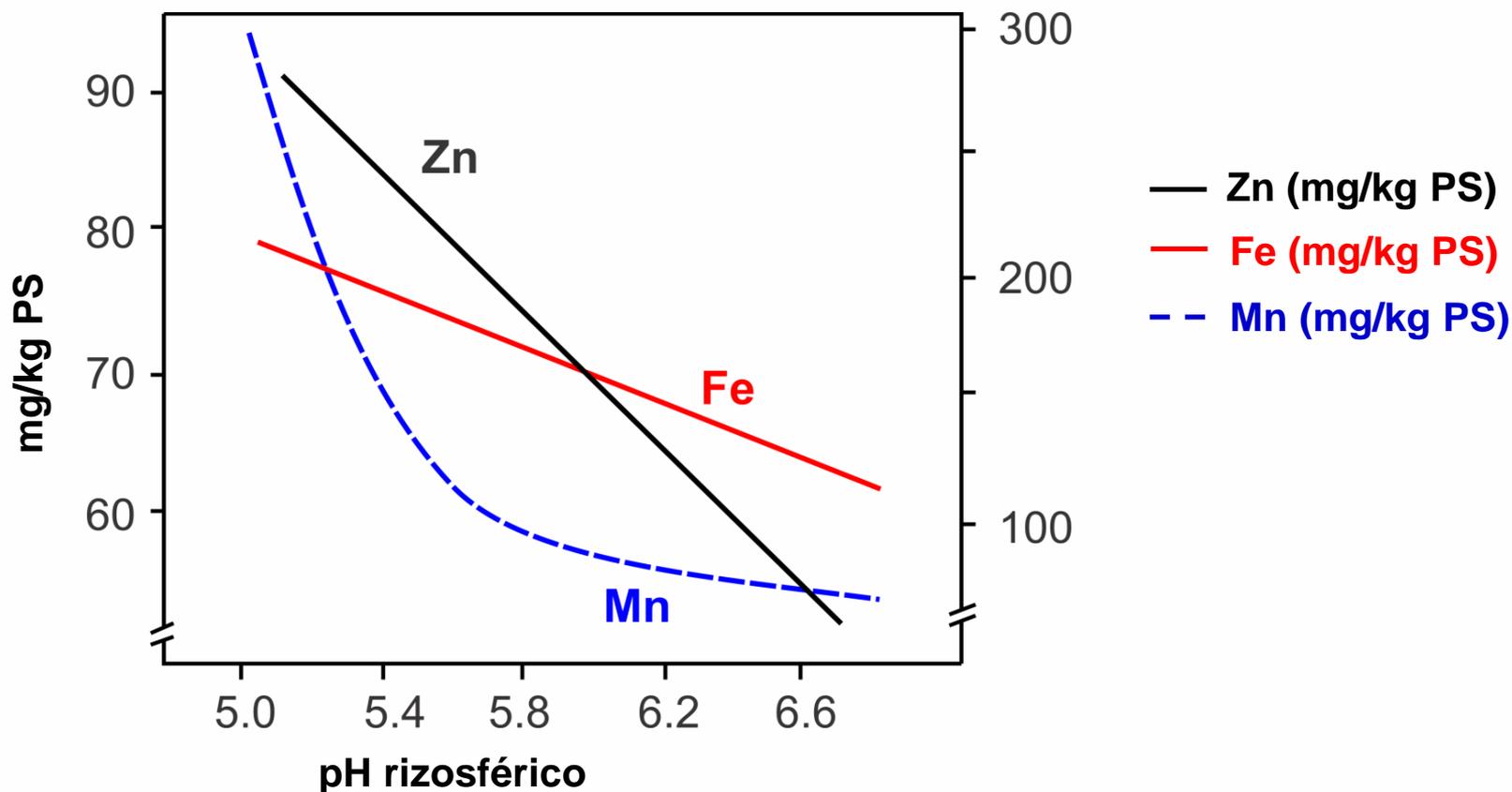


Zn em solução

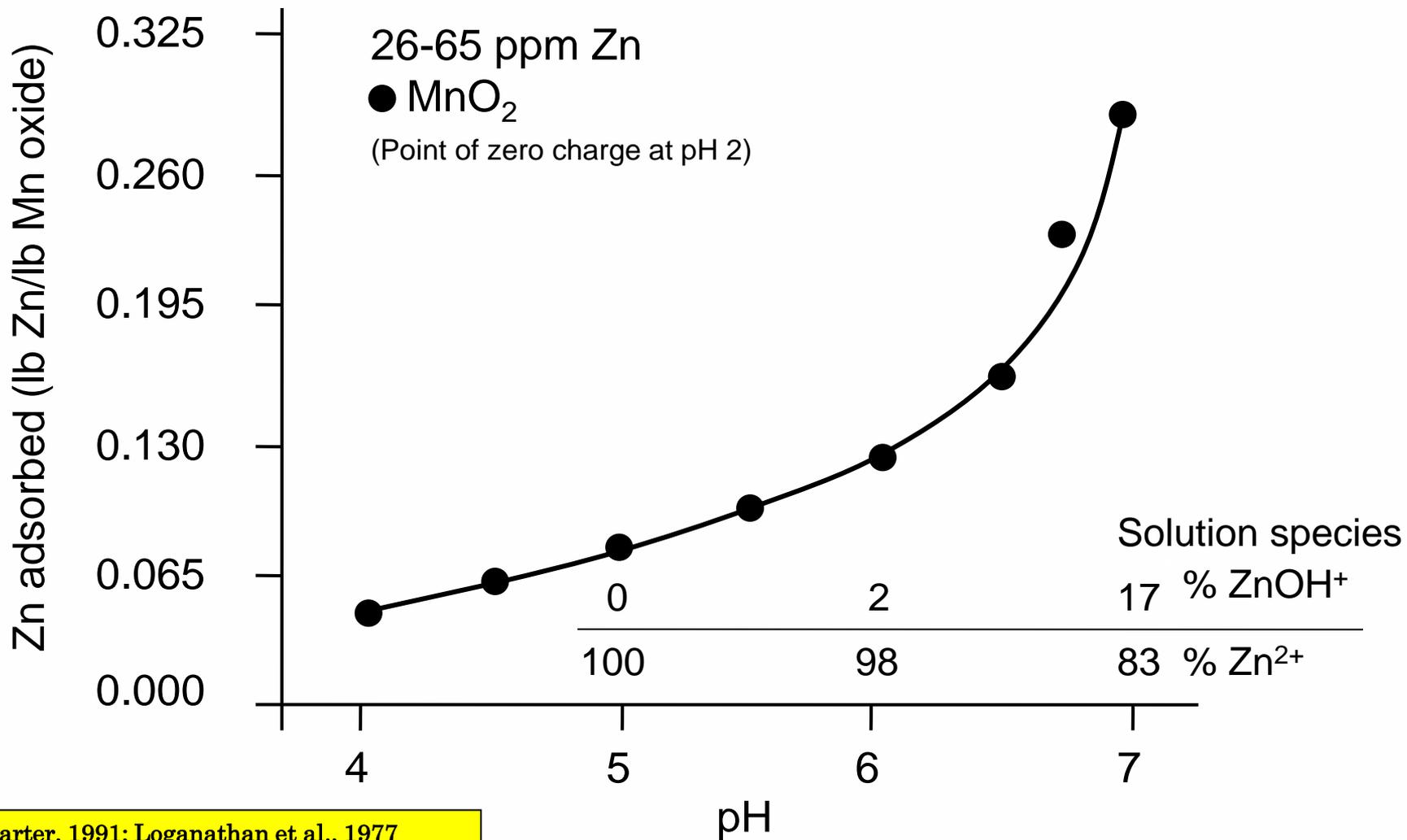
Zn fixado

Influência do pH rizosférico na concentração de Zn, Fe e Mn em feijão (*P. vulgaris*)

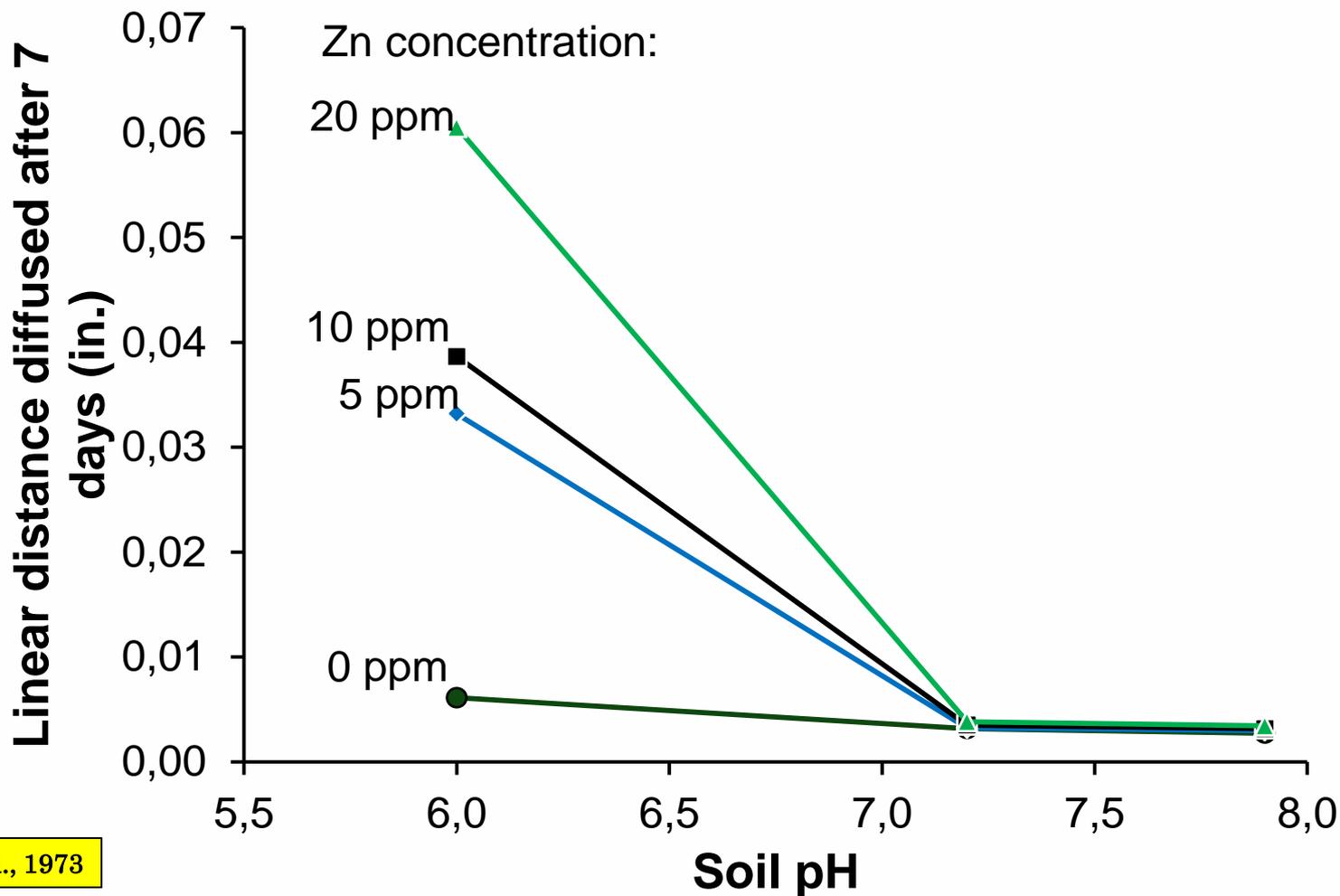
(pH rizosférico induzido pela aplicação de NH_4^+)



ADSORÇÃO DE ZN NA SUPERFÍCIE DE ÓXIDO DE MN EM DIFERENTES NÍVEIS DE PH



EFEITO DO PH NA ABSORÇÃO DE ZN PELA RAIZ DA PLANTA



pH x Mn



Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

d) Práticas Culturais

d.2) Adubação Fosfatada

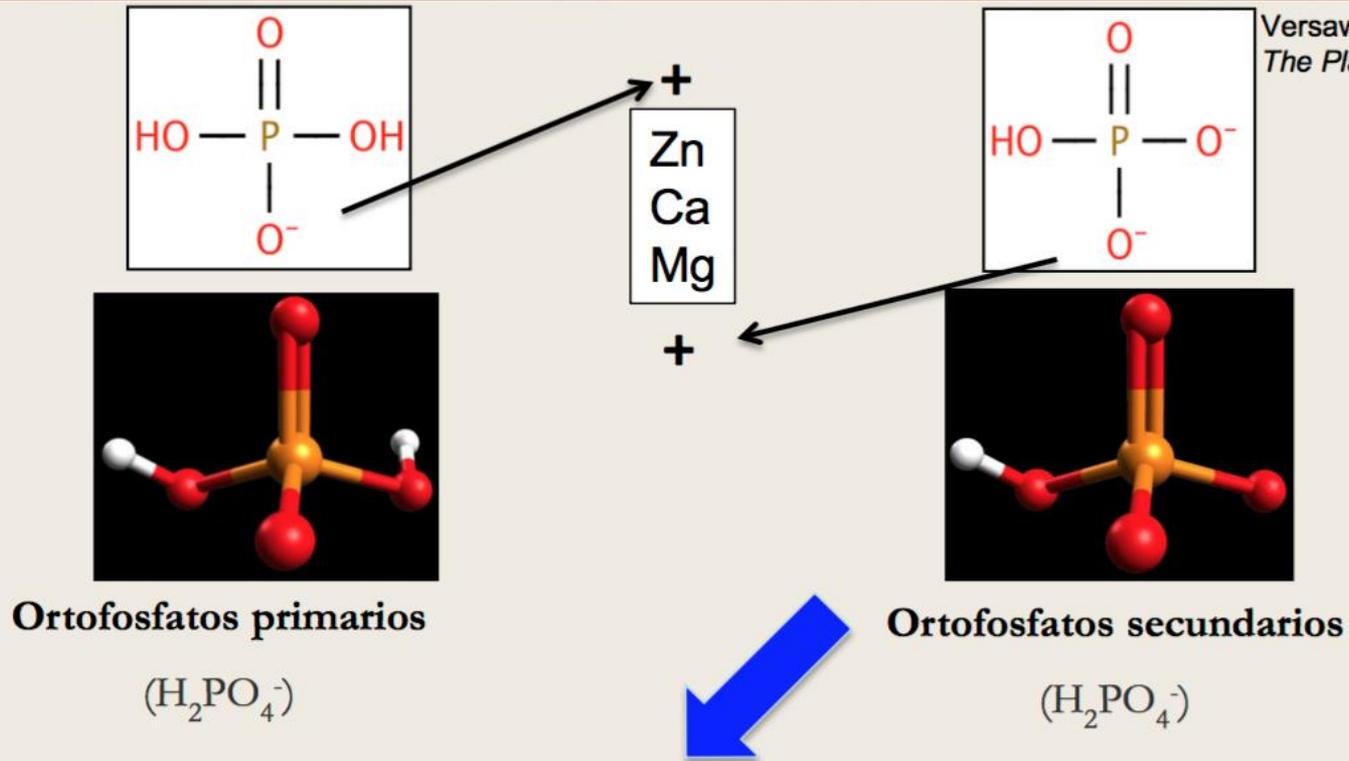


Caso do Zn⁺⁺ ➔ Inibição não competitiva com o H₂PO₄⁻

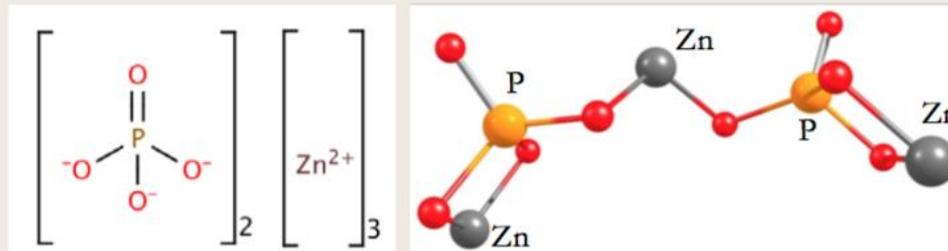
H₂PO₄⁻ - Provoca precipitação do Zn⁺⁺ na raíz = Menor absorção

H₂PO₄⁻ - Diminui transporte do Zn⁺⁺ da raíz para a parte aérea

Fixação de Zn por fosfatos

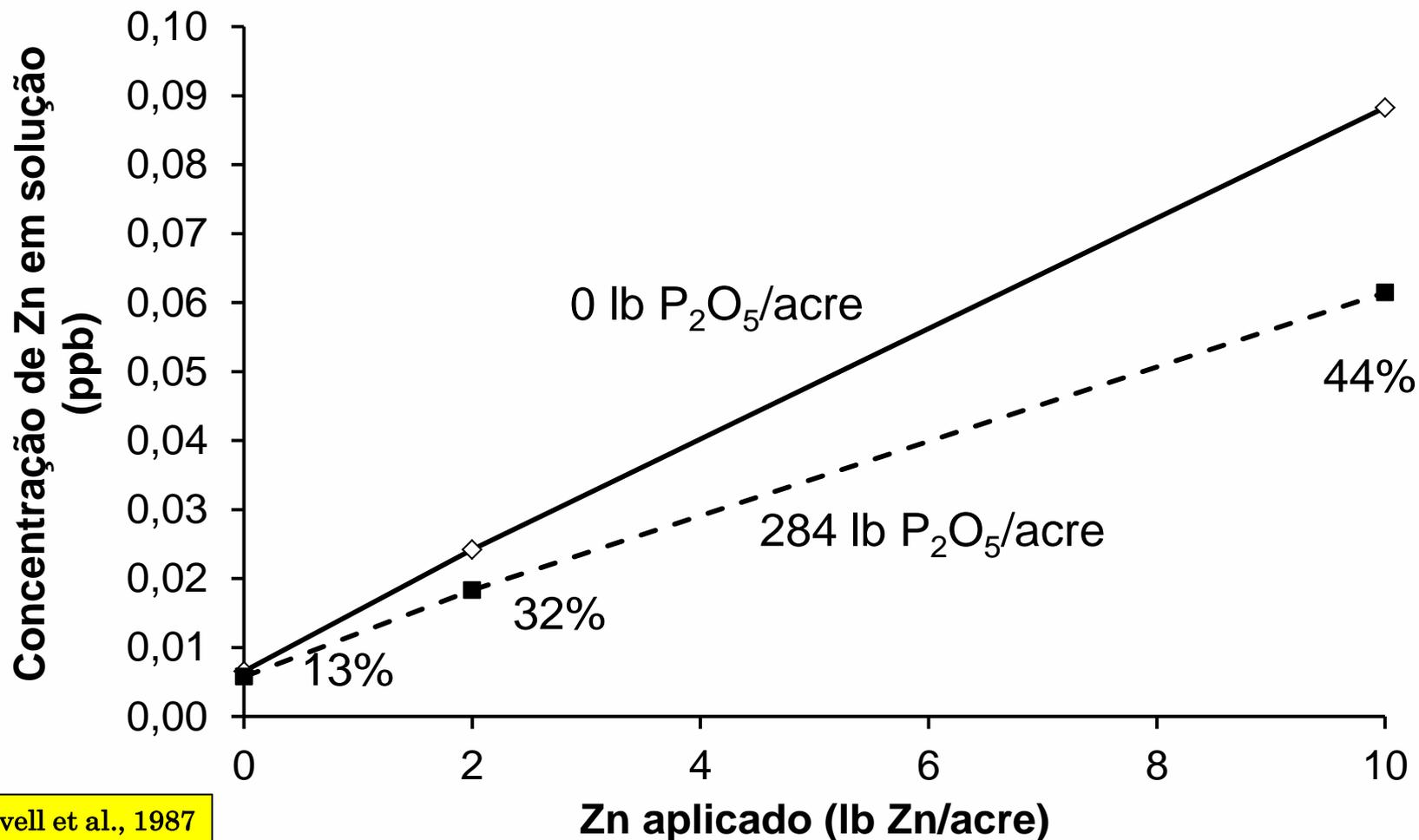


Versaw, W.K.; Harrison, M.J.
The Plant Cell 2002, 14, 175



P INDUCED
Z_N DEFICIENCY
N P₂O₅ K₂O Z_N
300 80 100 0
P & Z_N BROADCAST
POTTAWATOMIE COUNTY

Aplicação de P pode reduzir Zn em solução



Zinco x Fósforo

Via solo:

SOUZA et al. (1998) e SANTOS (2000), citados por DA SILVA (2000), não verificaram efeitos antagônicos do fósforo em relação ao zinco, quando variaram as doses de P entre 0 e 320 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e as doses de zinco de 0 a 6 kg.ha⁻¹ de Zn.

Recomendação

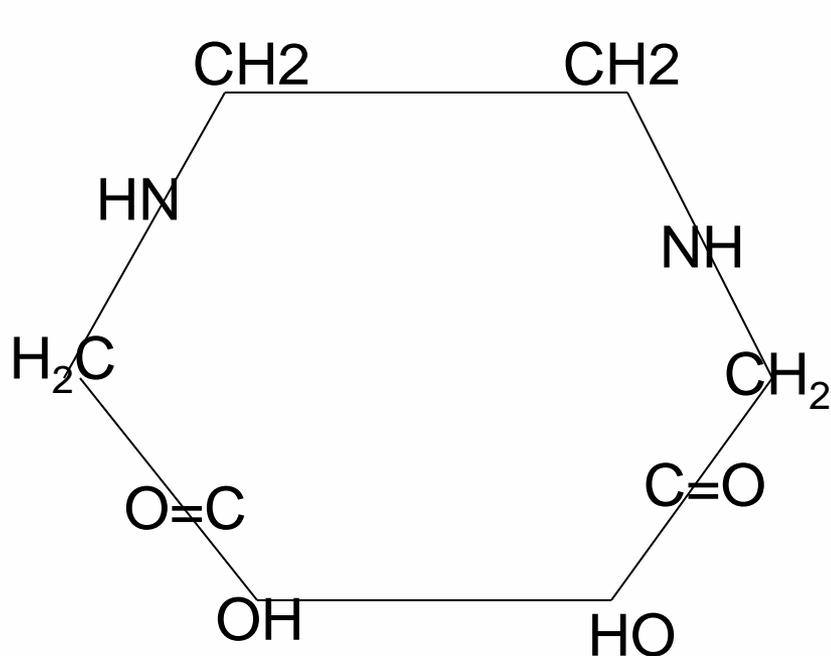
- COELHO & FRANÇA (1995) -> 2,0 a 4,0 kg.ha⁻¹ de Zn
Zn < 1,0 ppm (Mehlich I)
- RAIJ & CANTARELLA (1996):
 - ==> 4,0 kg.ha⁻¹ de Zn, para Zn no solo (DTPA) < 0,6 mg.dm⁻³
 - ==> 2,0 kg.ha⁻¹ de Zn para Zn no solo (DTPA) entre 0,6 e 1,2 mg.dm⁻³

Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

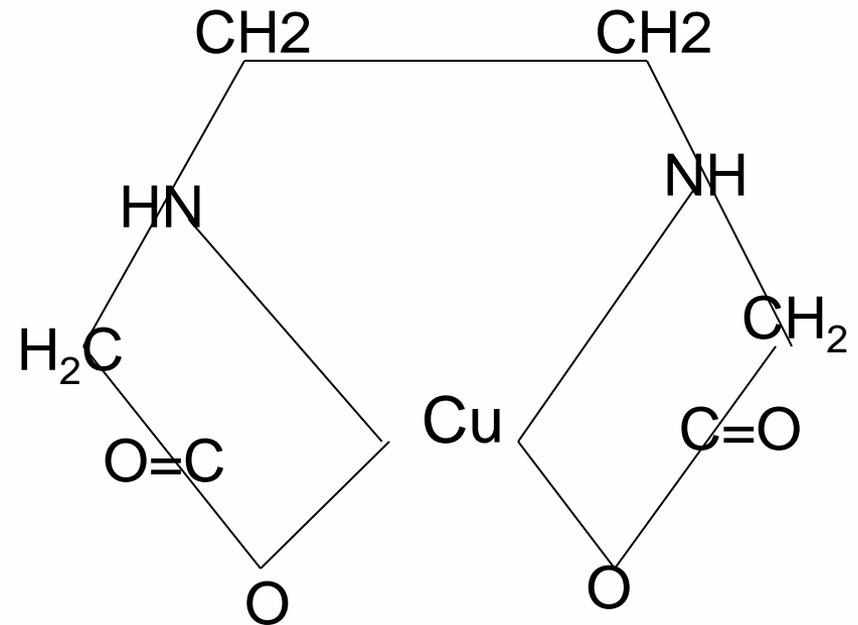
d) Práticas Culturais

d.3) Plantio Direto

Formação de Quelados pelo aumento da matéria orgânica



EDTA



EDTA - Cu

Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

d) Práticas Culturais

d.3) Plantio Direto

Ordem de estabilidade dos quelados



$$K = \frac{[LM]}{[L][M]}$$

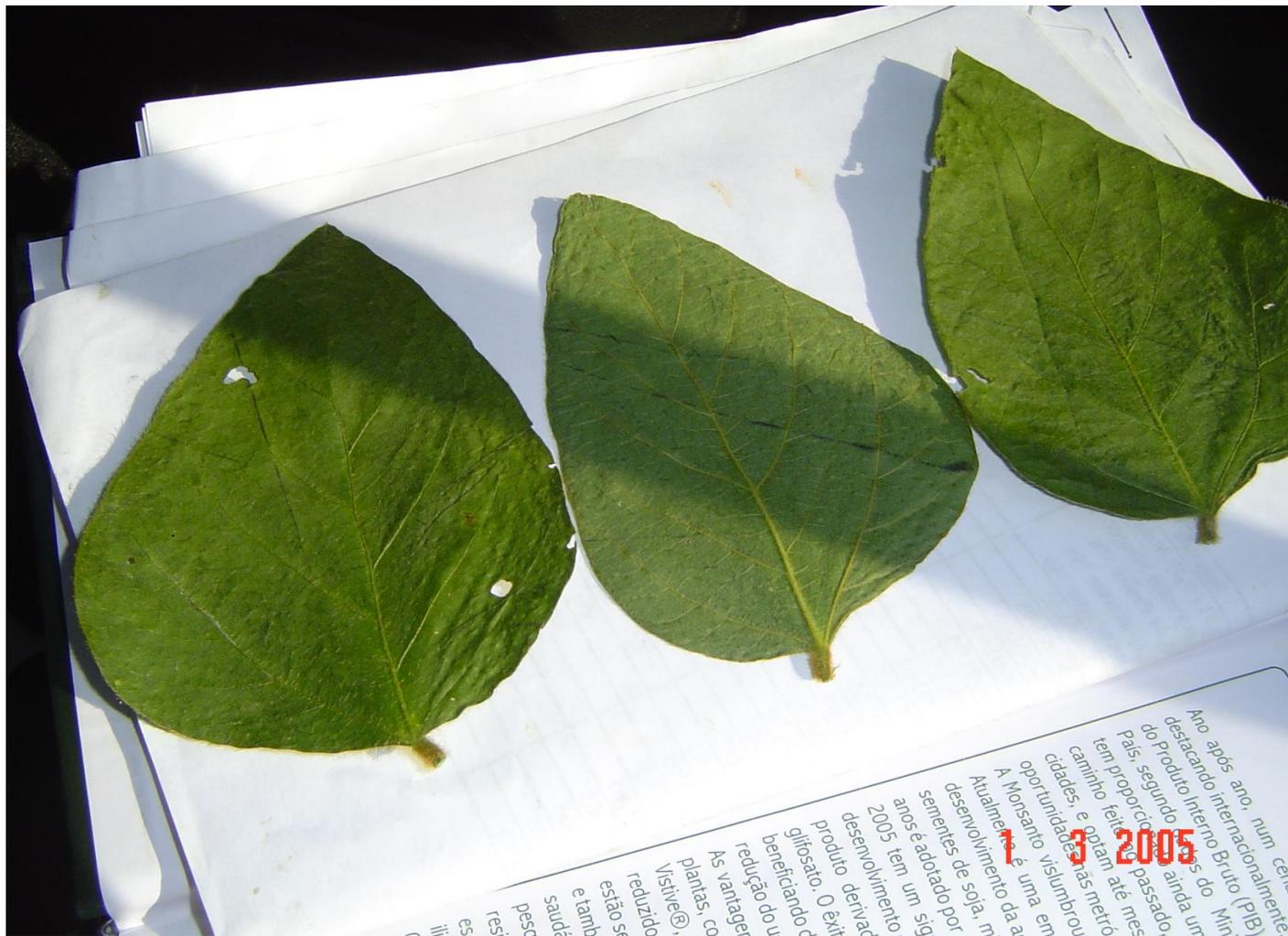


L = Agente quelante

M = Cátion Metálico

LM = Quelato

Deficiência de cobre em soja



Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

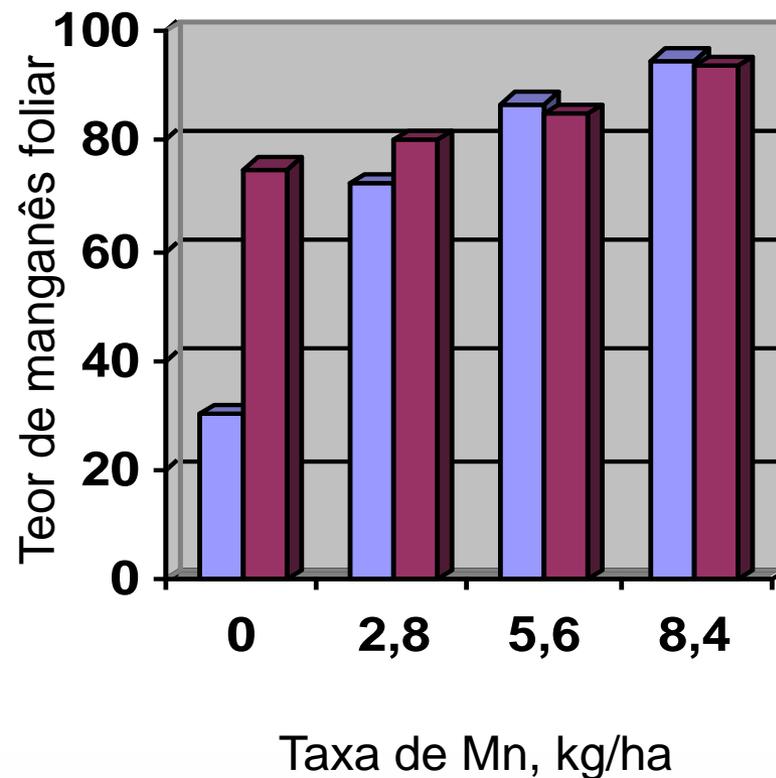
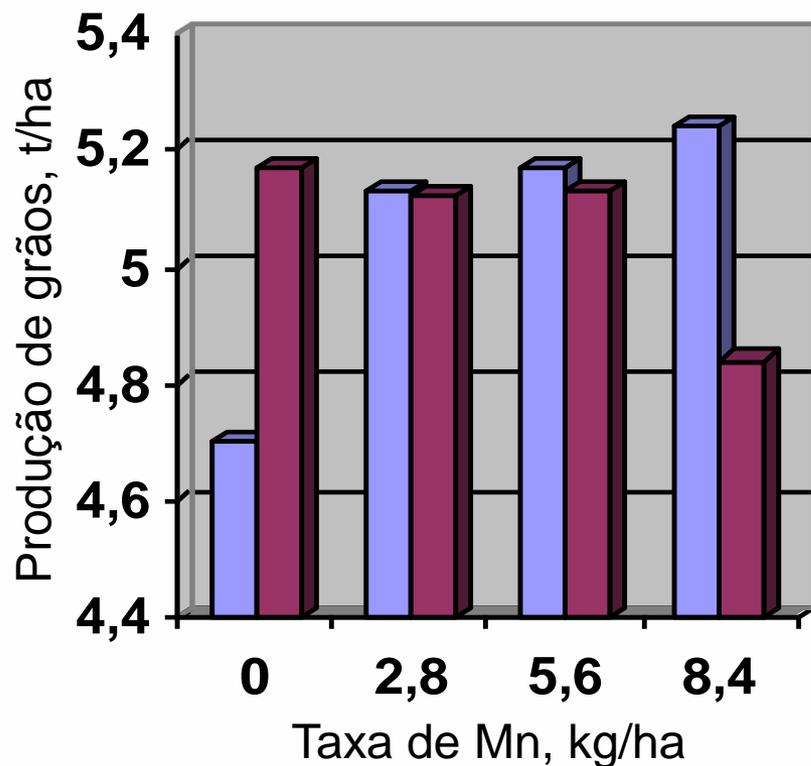
e) Características Genéticas da Planta

Redução do Mn^{4+} na superfície das raízes das plantas



MnO_2
(pirolusita)

RESPOSTA DA PRODUÇÃO DE SOJA NA APLICAÇÃO DE MN



RR (Resistente ao Glifosato)

Convencional

EFEITO DO GLIFOSATO NOS ORGANISMOS REDUTORES DE MN DA RIZOSFERA 3 SEMANAS APÓS SUA APLICAÇÃO NA SOJA RR

Tratamentos	Organismos redutores de Mn *	Organismos oxidantes de Mn*
Sem glifosato	7.250	750
Com glifosato	740	13.250

* colônias por grama de solo



Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

f) Desbalanceamento entre cátions metálicos

f.1) Inibição

A presença de um íon A diminui a absorção do íon B

f.1.1) Competitiva: A e B competem pelo mesmo carregador

B	A
Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺
Fe ⁺⁺	Cu ⁺⁺
Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺
Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺

Fatores associados a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes

f.1) Inibição

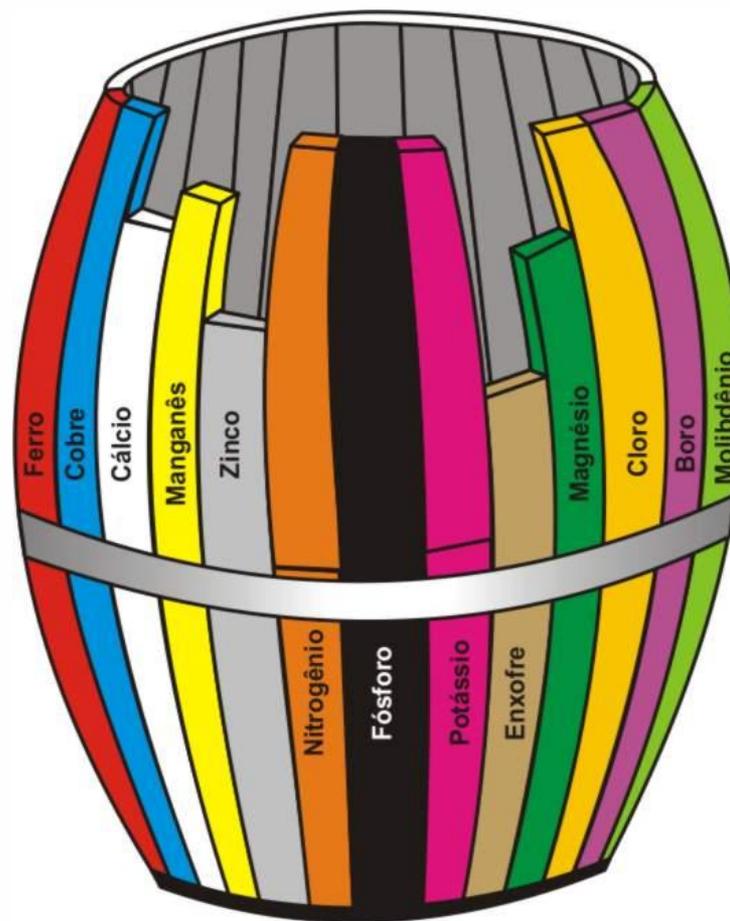
f.1.2) Não Competitiva: A e B competem por carregadores (R) diferentes

B	A
Zn ⁺⁺	H ₃ BO ₃
Zn ⁺⁺	H ₂ PO ₄ ⁻
MoO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻

Ex: Gesso Agrícola

g) Altas Produtividades (Lei do Mínimo)

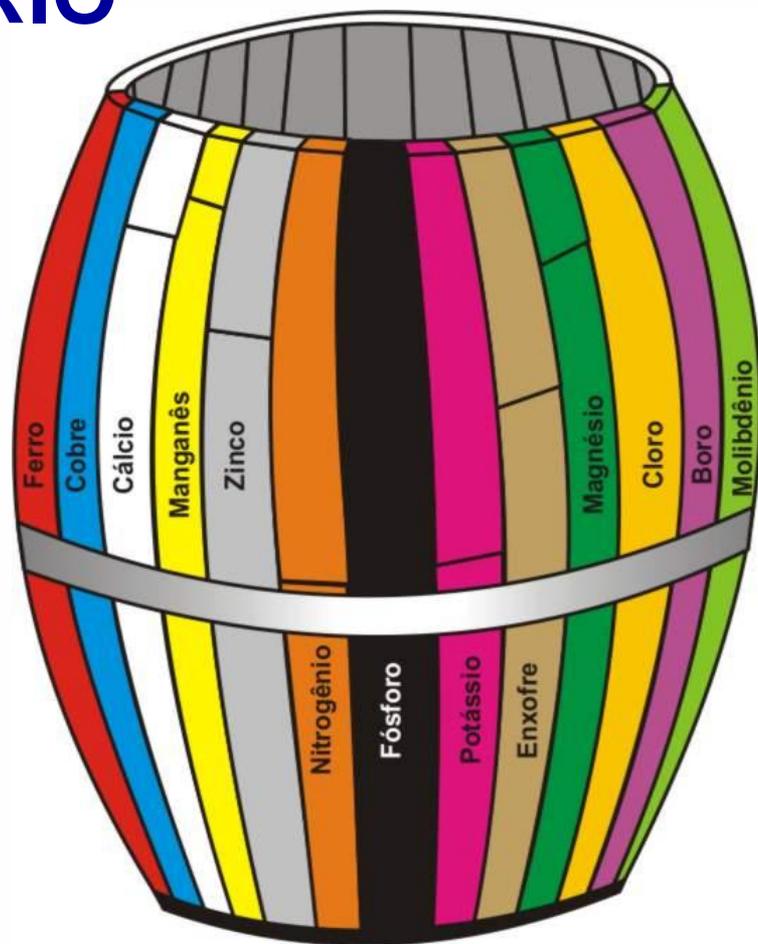
**“A PRODUÇÃO AGRÍCOLA
NÃO PODE SER MAIOR DO
QUE O POSSIBILITADO
PELO NUTRIENTE QUE SE
ENCONTRA EM ESTADO DE
MÍNIMO EM RELAÇÃO ÀS
EXIGÊNCIAS DO VEGETAL”**



Lei do Mínimo

EQUILÍBRIO

“A PRODUÇÃO AGRÍCOLA
NÃO PODE SER MAIOR DO
QUE O POSSIBILITADO
PELO NUTRIENTE QUE SE
ENCONTRA EM ESTADO DE
MÍNIMO EM RELAÇÃO ÀS
EXIGÊNCIAS DO VEGETAL”



DUAS LEIS IRREVOGÁVEIS

(1) A LEI DO MÍNIMO (LIEBIG, 1862)

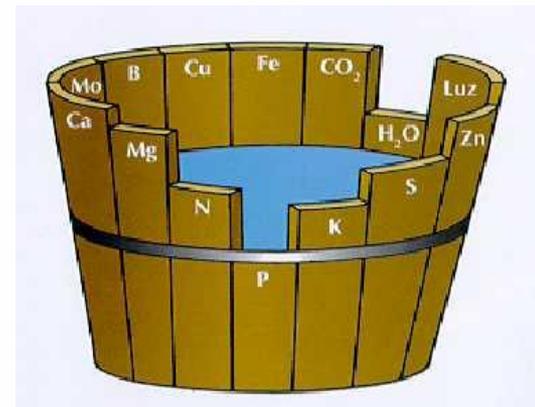
A colheita é limitada pelo fator de produção que estiver em menor proporção-

“a colheita não aumenta se faltar um micronutriente”

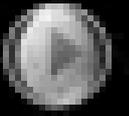
(2) UMA LEI BÁSICA DA ECOLOGIA

Na natureza não há comida grátis

Pagamento da conta - micro muitas vezes



1. **Com aumento no rendimento** das culturas, acentuam as **deficiências de micronutrientes**;
2. **Solos deficientes em zinco e cobre** (análises de solo e foliar): **aplicações via solo** (lanço e sulco), via tratamento de sementes e adubação foliar **são formas eficientes para correção** dos problemas com **aumentos** significativos da **produtividade**;
3. **Zinco e Cobre** possuem grande **efeito residual** (3 a 5 anos) quando **aplicados via solo** – construção da fertilidade em relação a esses micronutrientes;
4. **Deficiência de manganês** não é muito generalizada, no entanto uso **doses elevadas de calcário**, incorporação inadequada das doses corretas no sistema de preparo convencional e o **aumento de produtividade** têm induzido a situações de deficiências desse micronutriente;
5. **Doses pequenas de manganês** no sulco de plantio, doses maiores a lanço e a adubação foliar provocam aumentos significativos na produtividade da soja: **pouco efeito residual**





Muito obrigado!

Site: <http://brasil.ipni.net>

Twitter: @IPNIBrasil

Facebook: facebook.com/IPNIBrasil

(XVI)

Encontro Técnico
FUNDAÇÃO MT

A ESCOLHA É SUA