



Dr. Valter Casarin

IPNI Brasil

Diretor Adjunto

MANEJO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA

“Por **micronutrientes** devemos entender aqueles nutrientes que as plantas necessitam em pequeníssimas proporções; são eles: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Embora as quantidades sejam muito diminutas, nos casos de deficiência muito acentuada as culturas não completam bem seu ciclo vegetativo e, portanto, ou não dão colheita ou produzem muito pouco.”...

(MALAVOLTA, 1958)

...“É necessário que dêem atenção crescente às eventuais faltas dos micronutrientes discutidos.

Uma deficiência severa de qualquer um deles pode por em perigo tôda a lavoura.

Os misturadores de adubos, por sua vez, devem começar a pensar nesse assunto, completando suas fórmulas com determinados micronutrientes...”

(MALAVOLTA, 1958)

Importância dos Micronutrientes

CLASSIFICAÇÃO

Essenciais: A planta ou o homem não vive sem.

Benéficos: não essenciais. Em dadas condições → ajudam crescimento e produção da planta. Exemplos: sódio (Na) e silício (Si) para a planta

Tóxicos: não essenciais, não benéficos

Toxidez ? a dose faz o veneno (Paracelso)

MICRONUTRIENTES - ESSENCIALIDADE

✓ Critérios de essencialidade → Arnon e Stout (1939):

→ Plantas: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, **Ni** e Zn

Elementos benéficos: Co, Si, Na, Se, V, Al

Animais e humanos: Co, Cu, Cr, F, I, Fe, Mn, Mo, Se e Zn

✓ Fertilizantes: ferramenta no combate à fome e subnutrição;

✓ Prioridade no “ranking” das dez maiores desafios mundiais;

✓ Principais deficiências: Fe, Zn, I, Se e vitamina A.

EFEITO DOS MICRONUTRIENTES

DUAS LEIS IRREVOGÁVEIS

(1) A LEI DO MÍNIMO (LIEBIG, 1862)

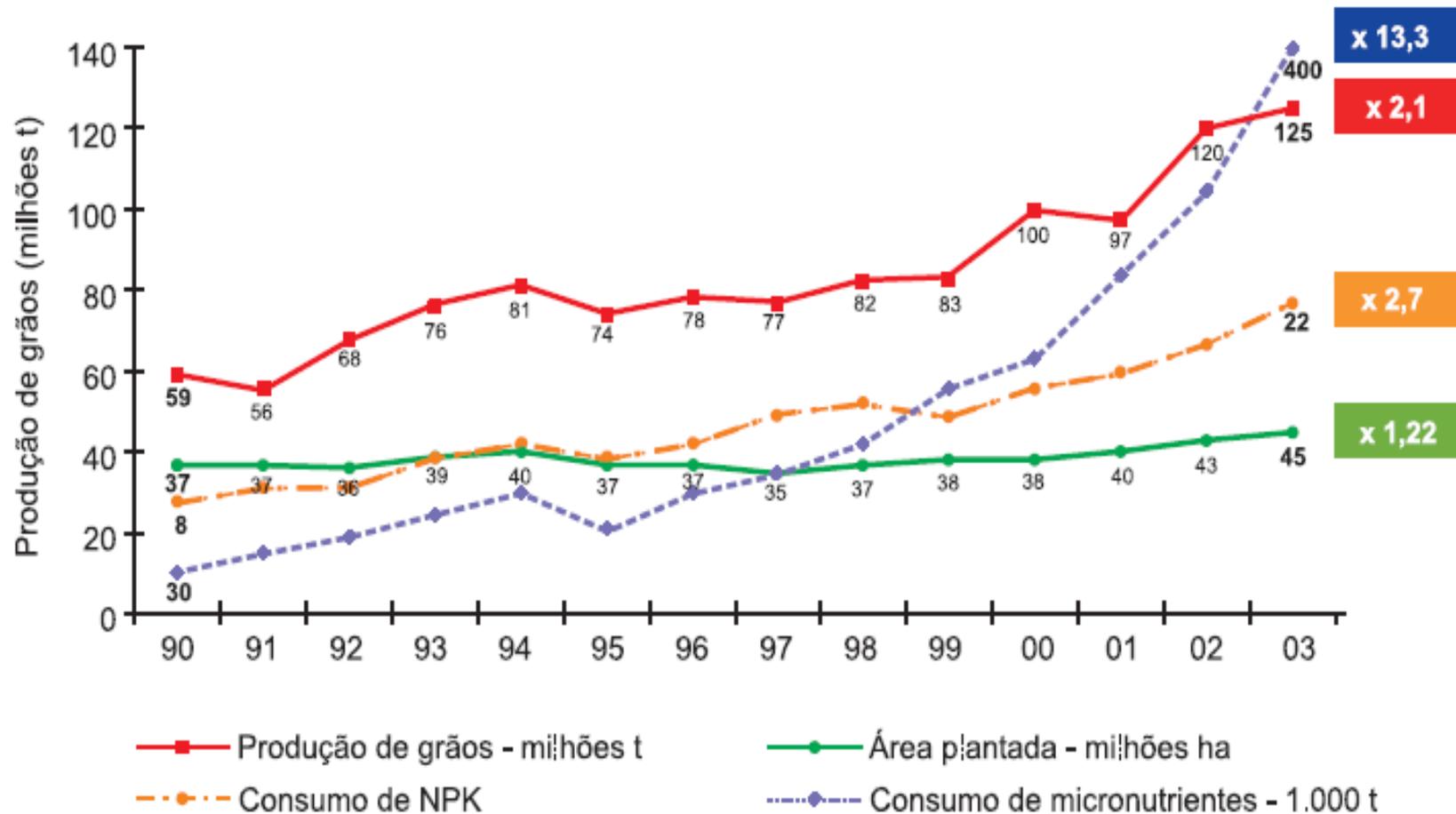
A colheita é limitada pelo fator de produção que estiver em menor proporção-

“a colheita não aumenta se faltar um micronutriente”

(2) UMA LEI BÁSICA DA ECOLOGIA

Na natureza não há comida grátis

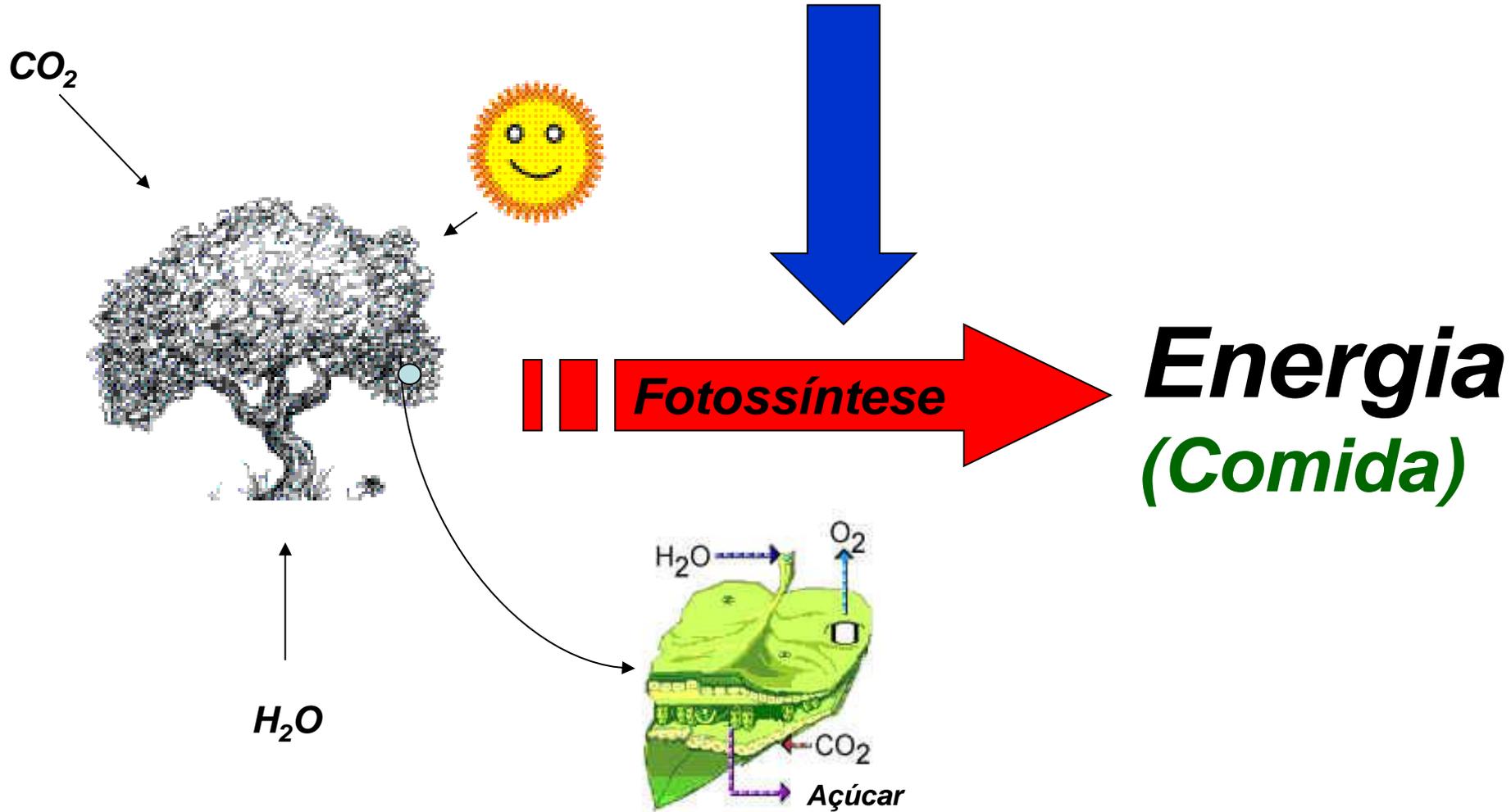
Pagamento da conta - micro muitas vezes



Fonte: Yamada (2004)

Funções dos Micronutrientes

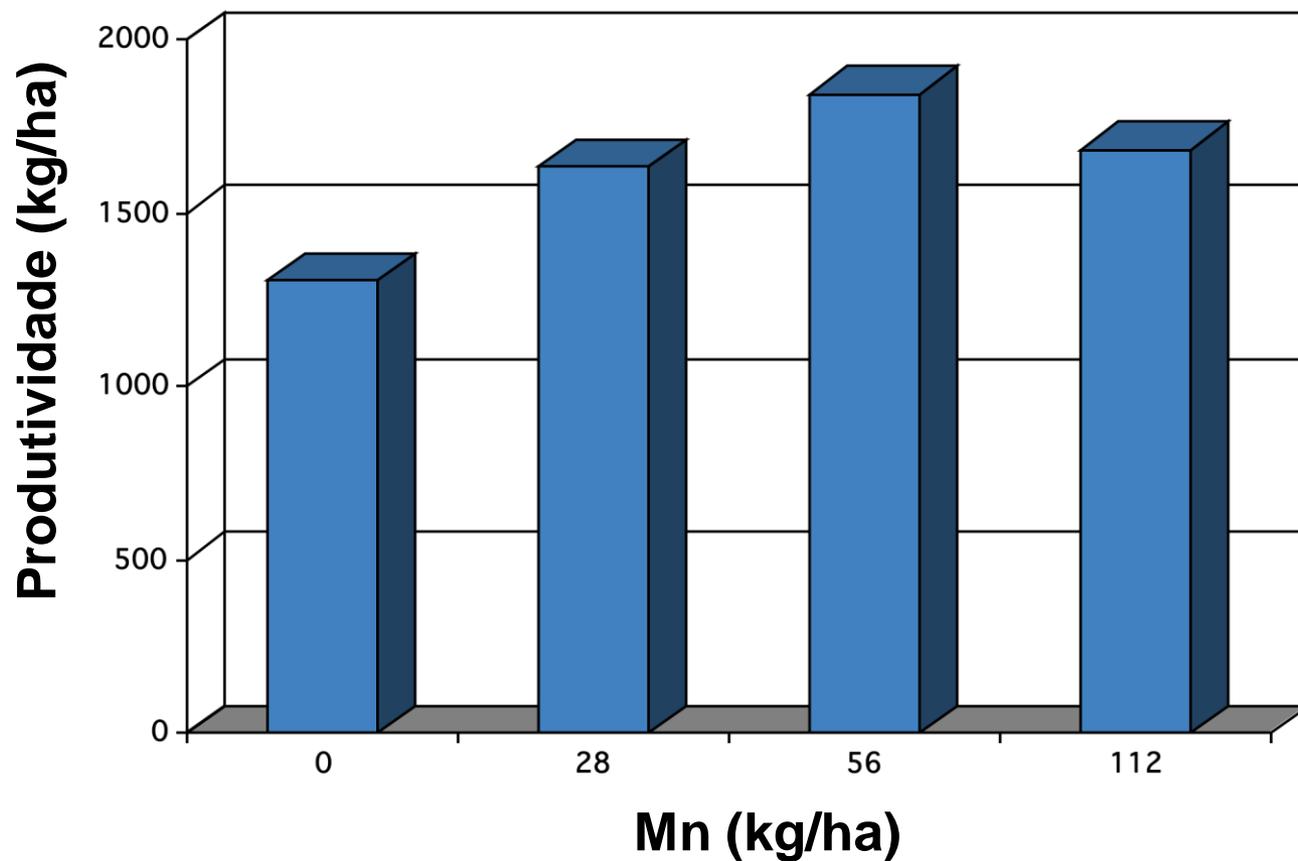
Mn e Cu



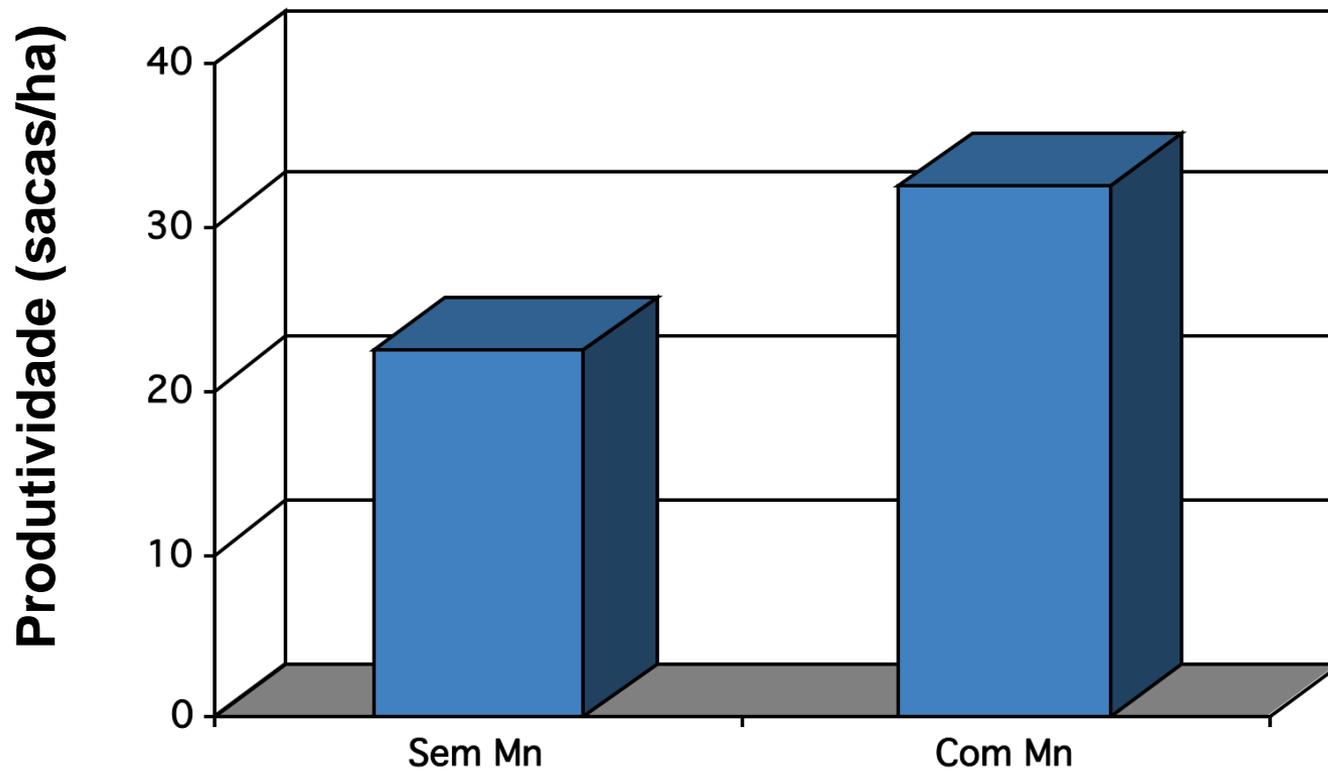
- Mn

27 2 2005

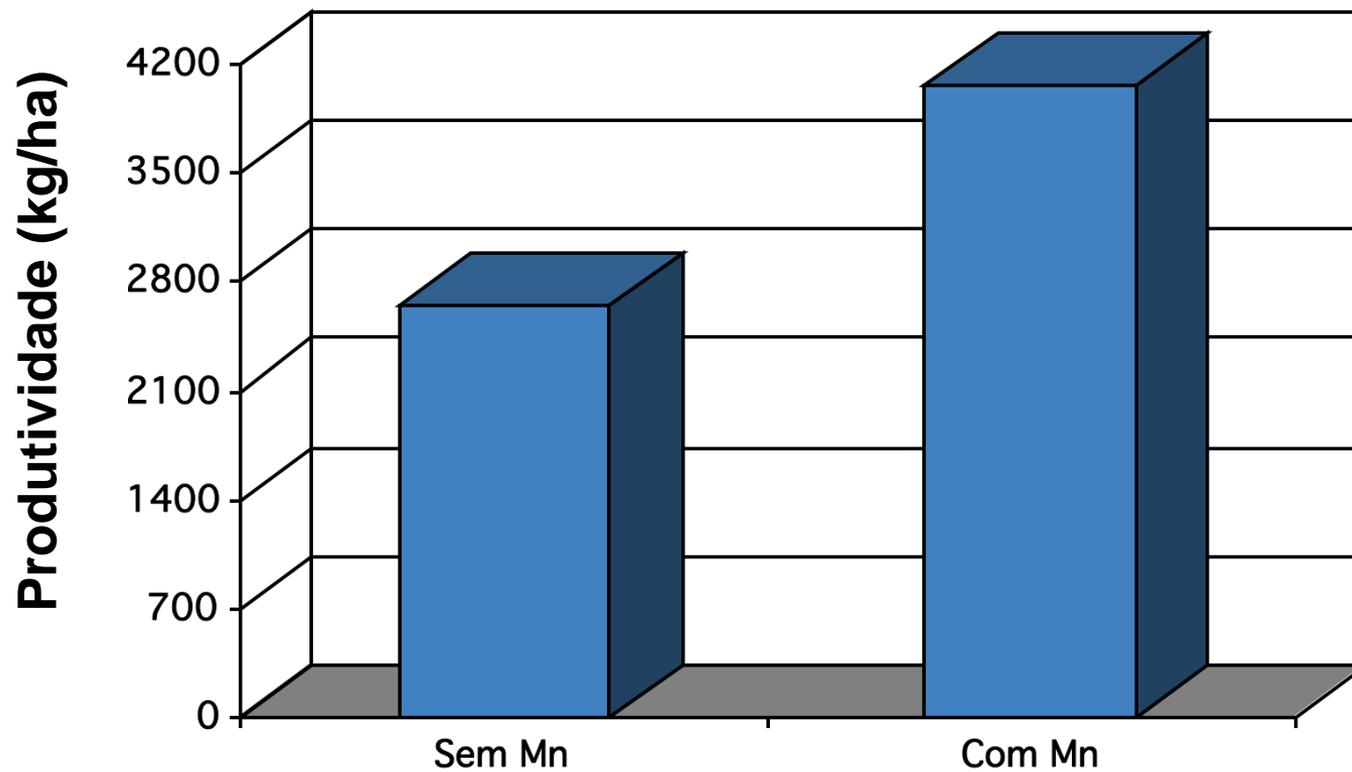
ROBERTSON, W.K.; THOMPSON, L.G.; MARTIN, F.G. Manganese and copper requirements for soybeans. Agronomy Journal, Madison, 65:641-4, 1973.



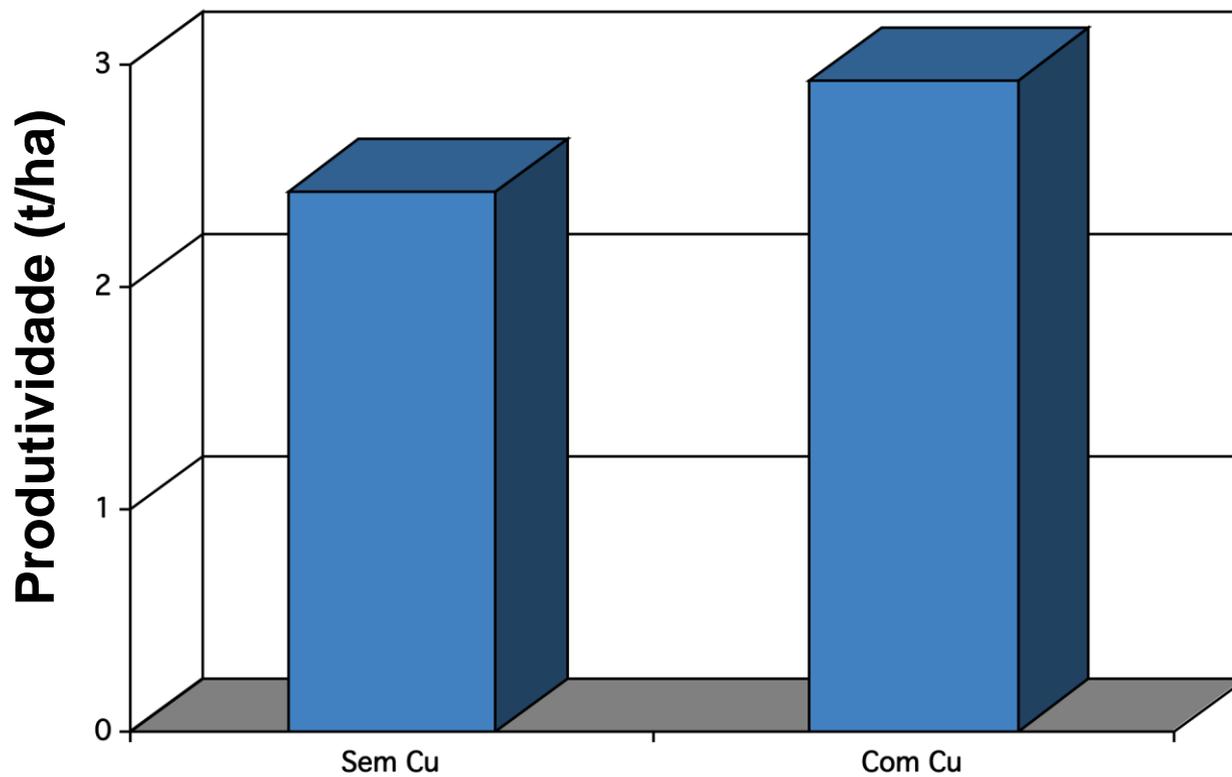
FONTE: SANCONOWICZ & SILVA, 1997



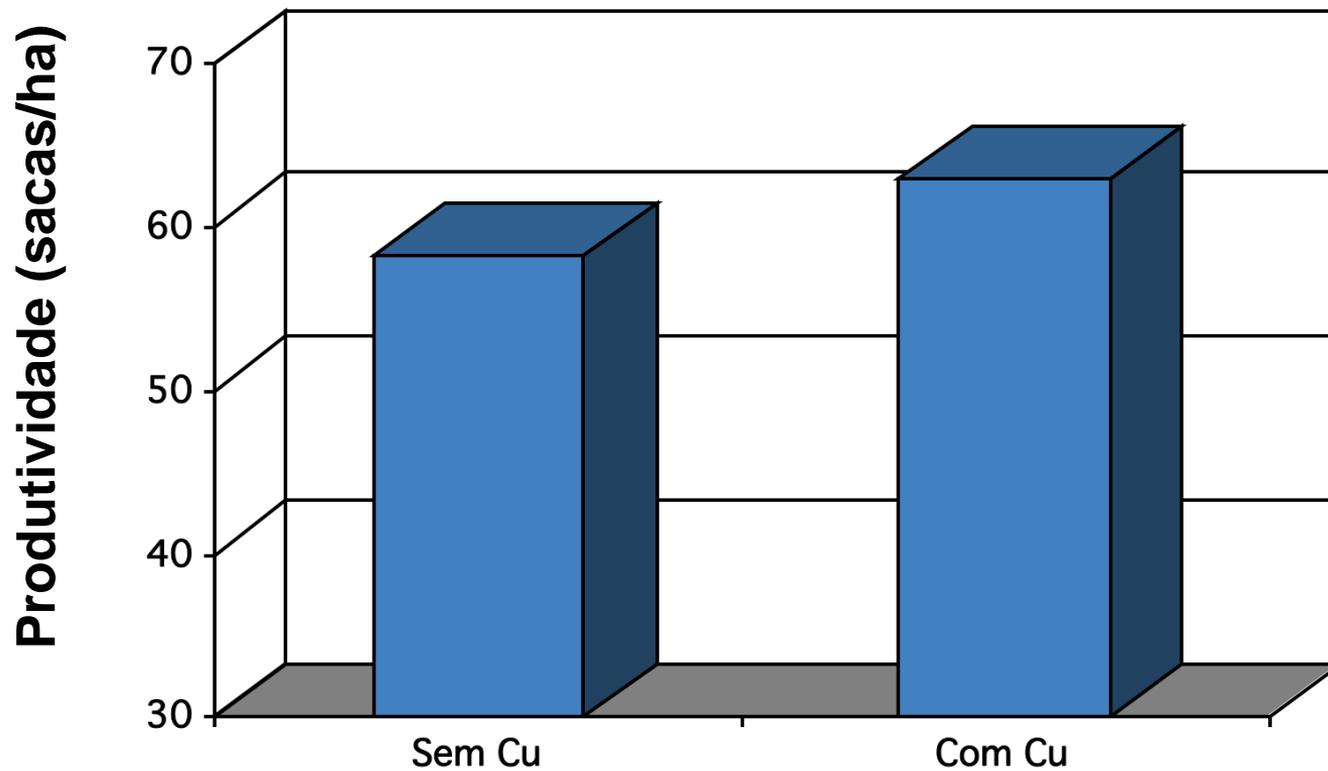
FONTE: MANN et al., 2002



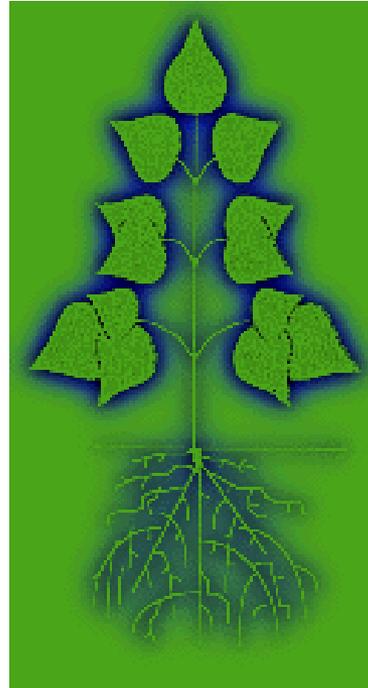
FONTE: GALRÃO, 2002 (média de 3 cultivos)



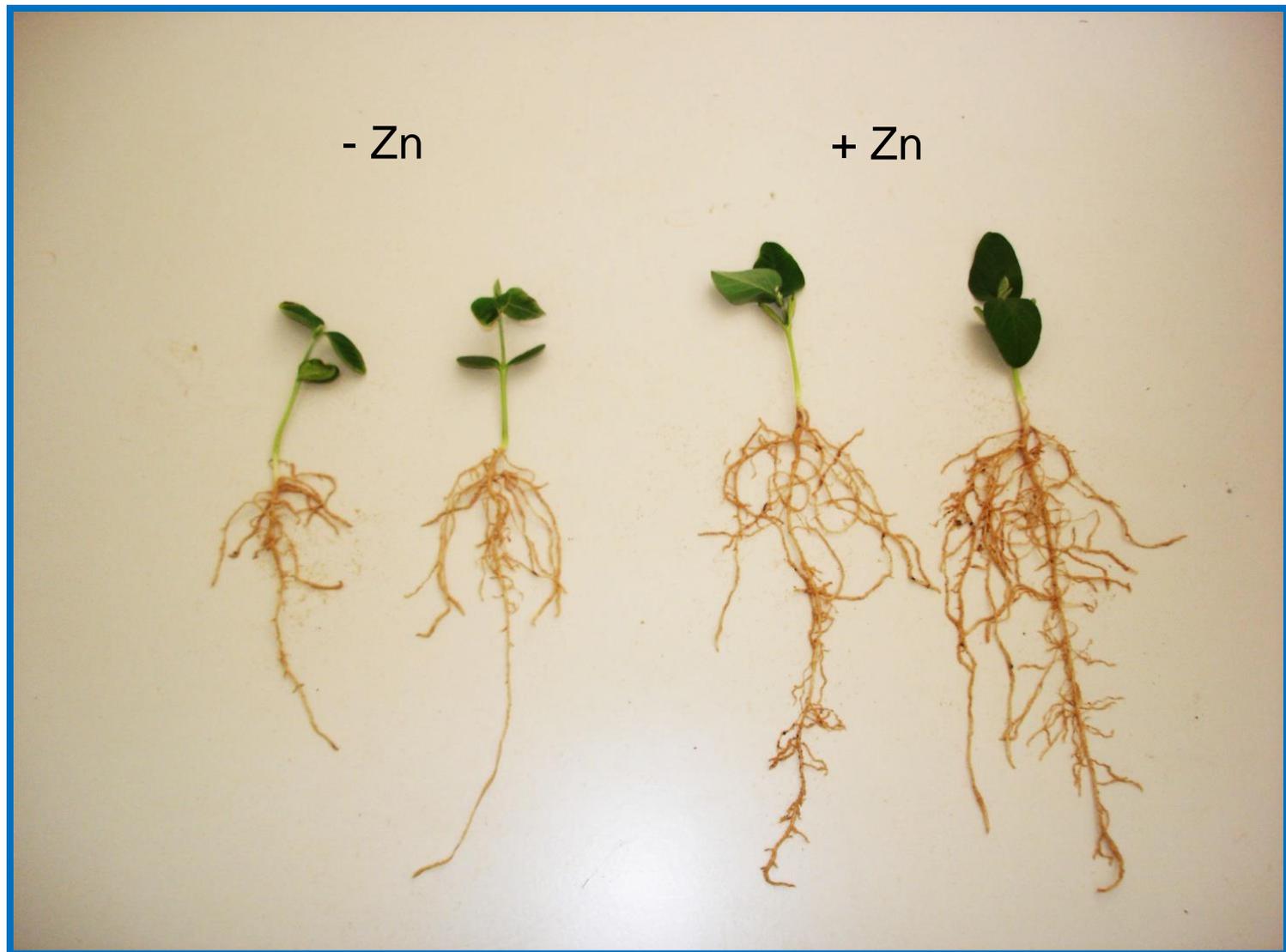
FONTE: SFREDO et al., 1997



Crescimento



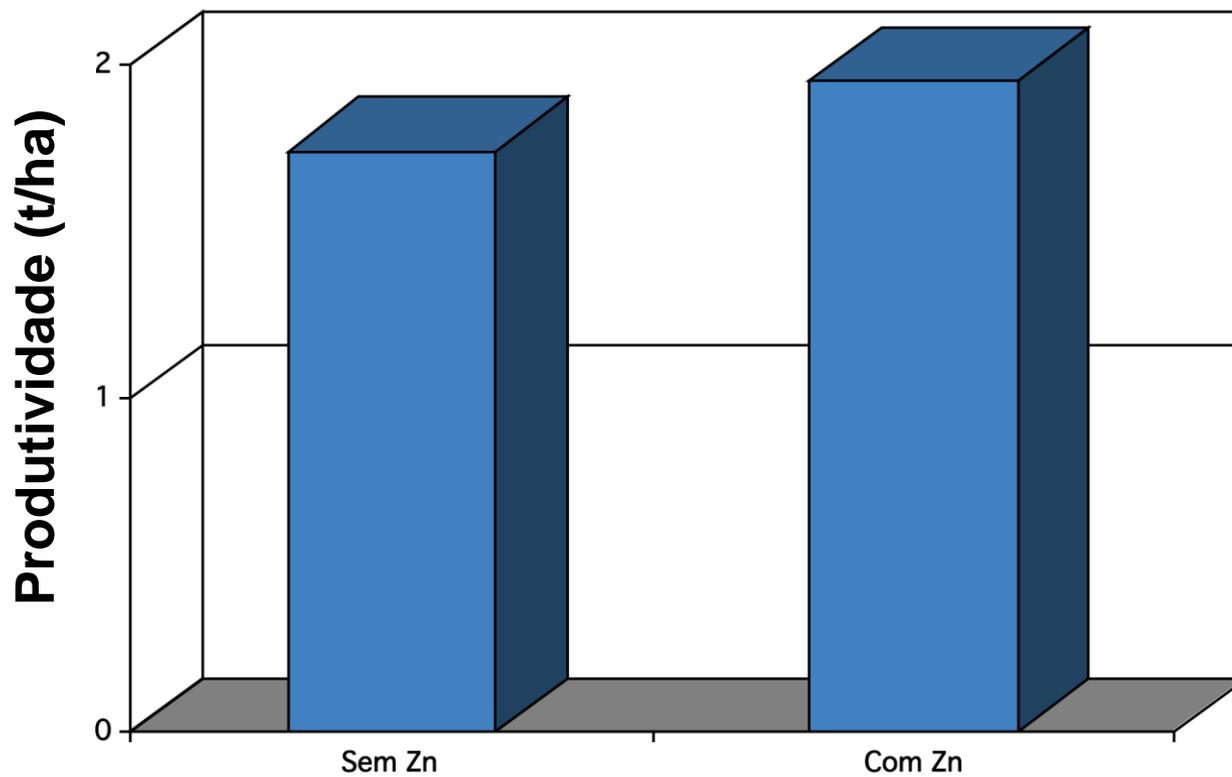
Crescimento



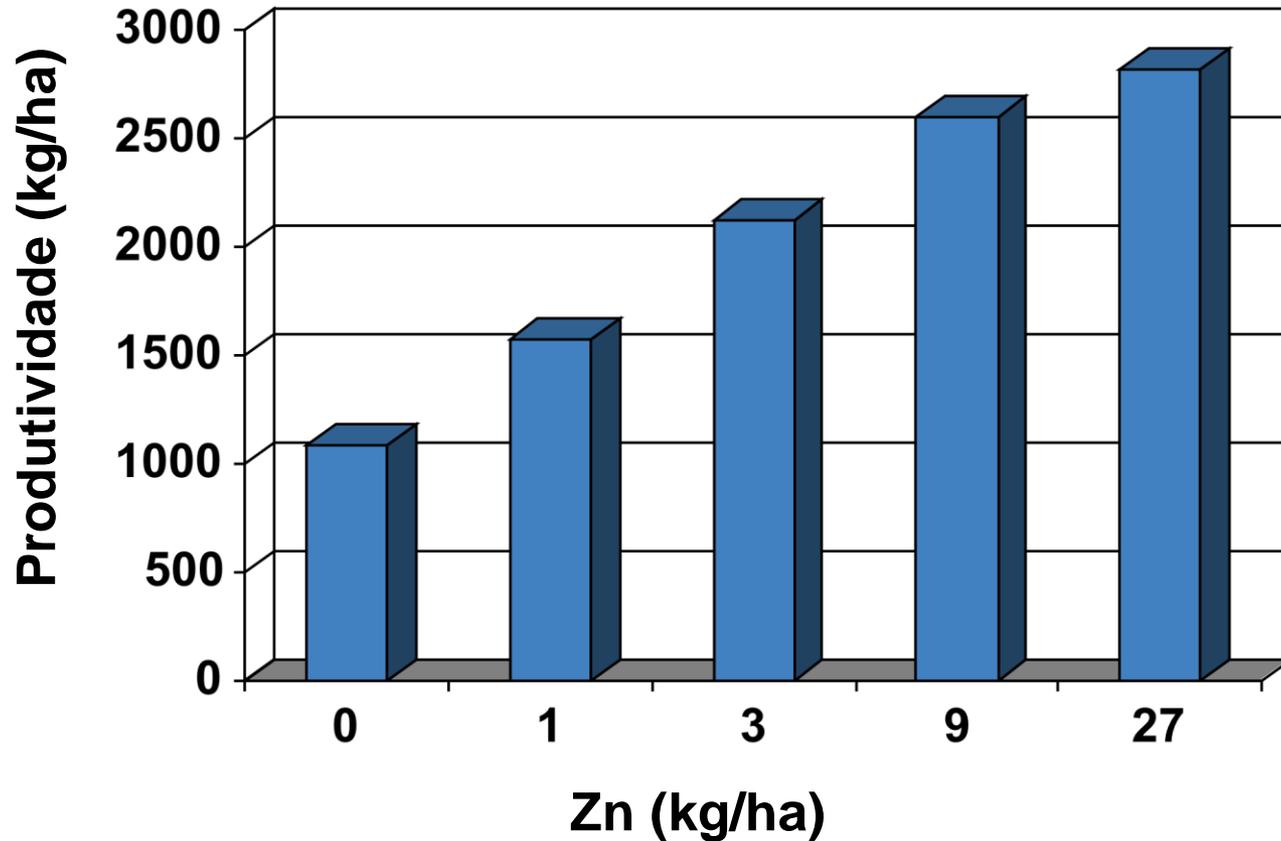
Plantio: 05/09/08

Avaliação: 17/09/08 Local : A Amazônia Campo Verde - MT

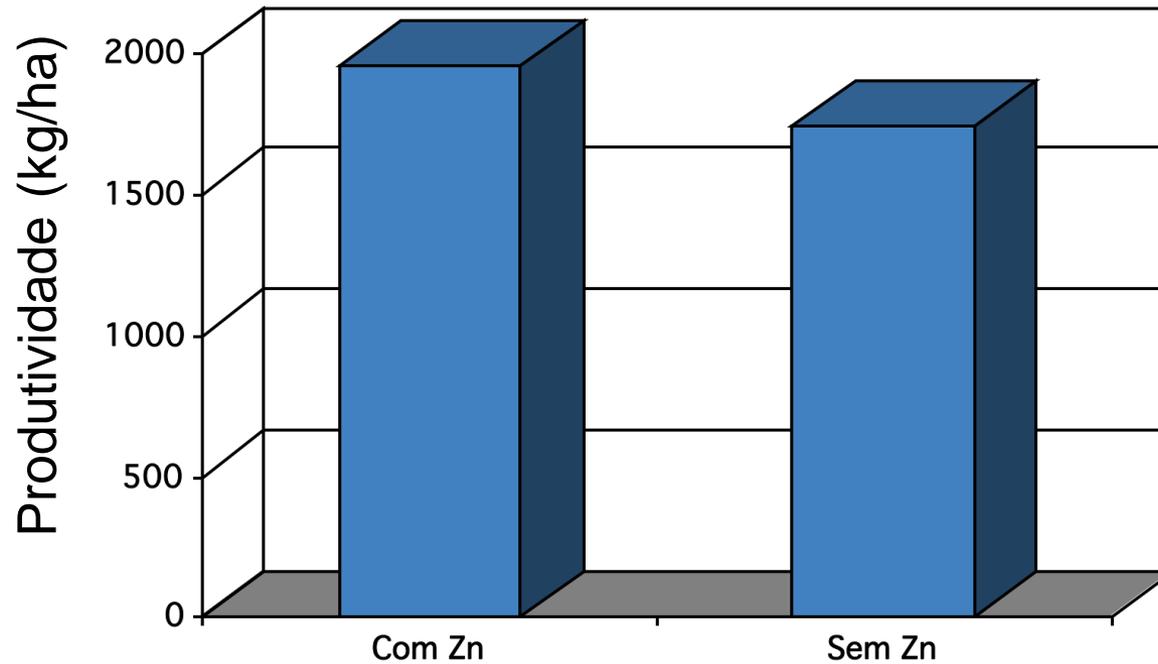
FONTE: GALRÃO, 2002

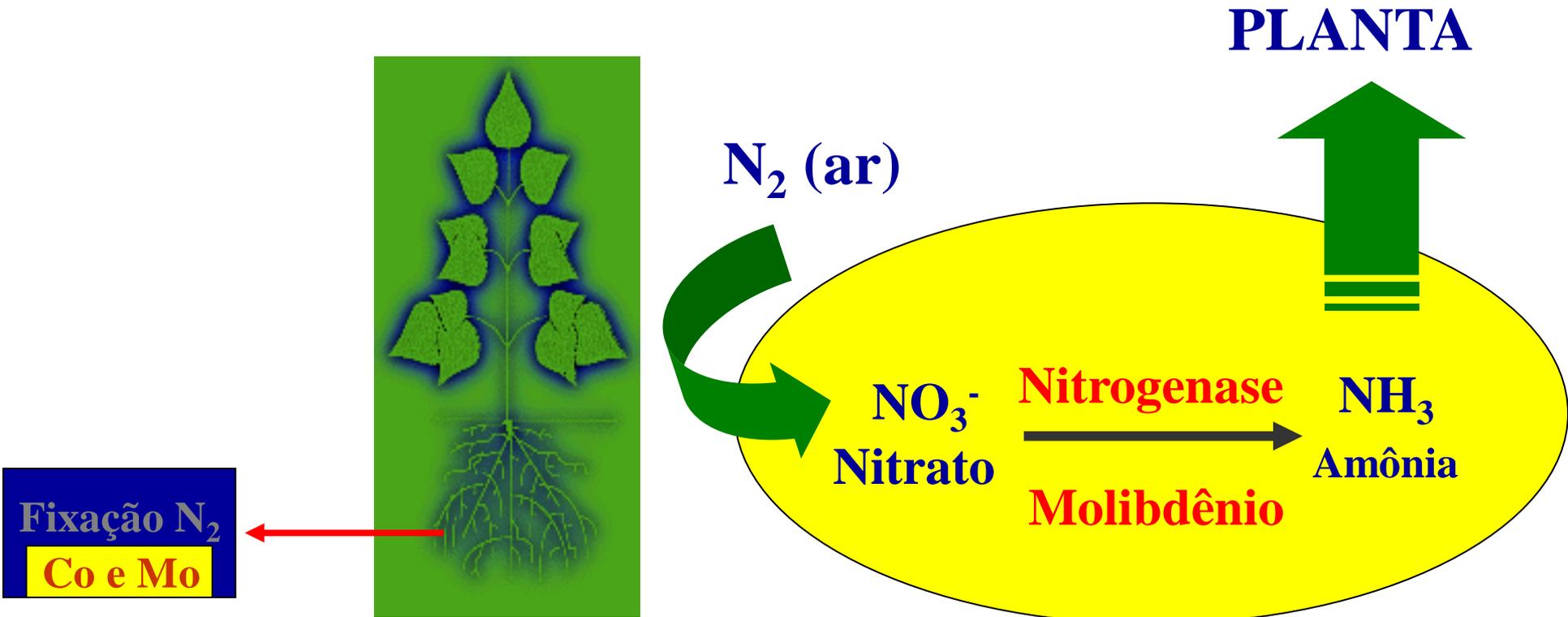


RITCHEY, K.D. Residual zinc effects. Agronomic-economic research on tropical soils: Annual report for 1976-77. Raleigh, SoilScience Departement, North Caroline State University, 1978. p.113-114.



GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solos de cerrado.
R. bras. Ci. Solo, 8:111-116, 1984.

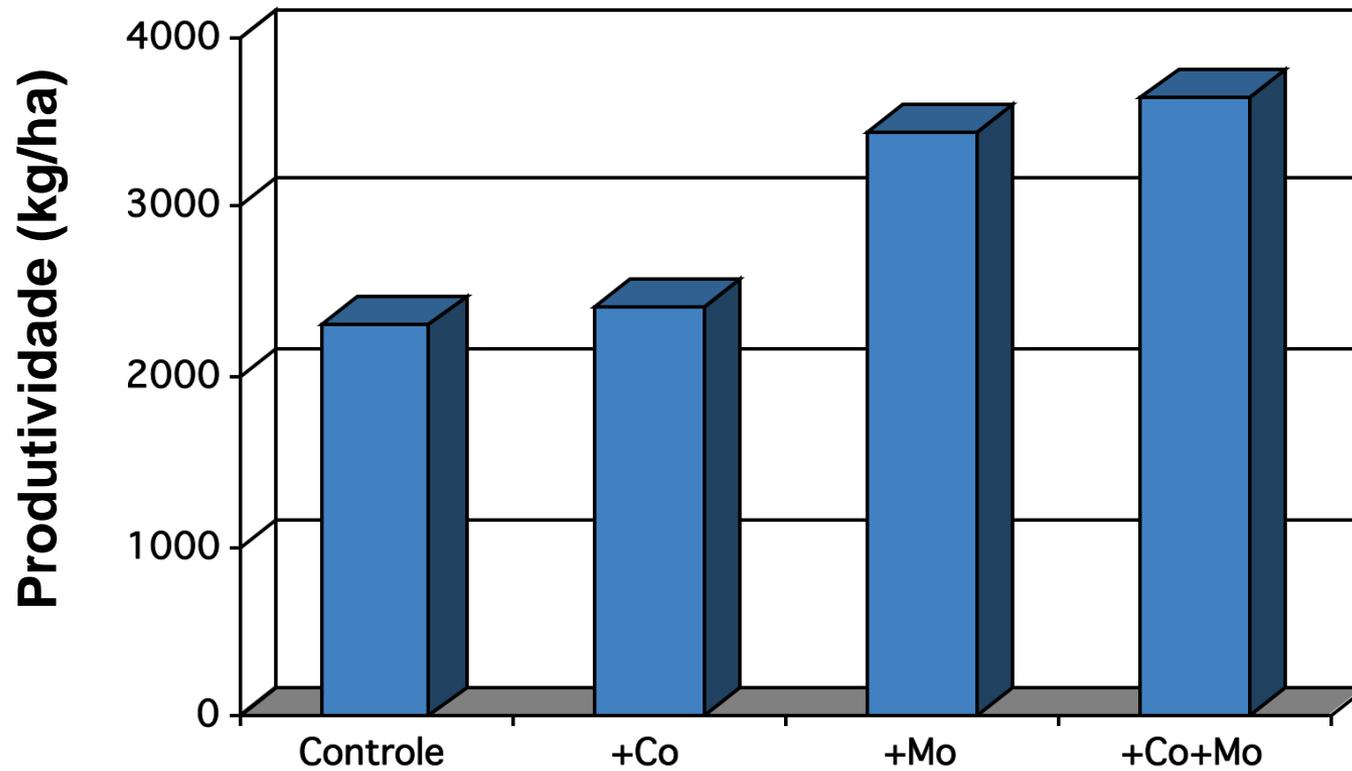




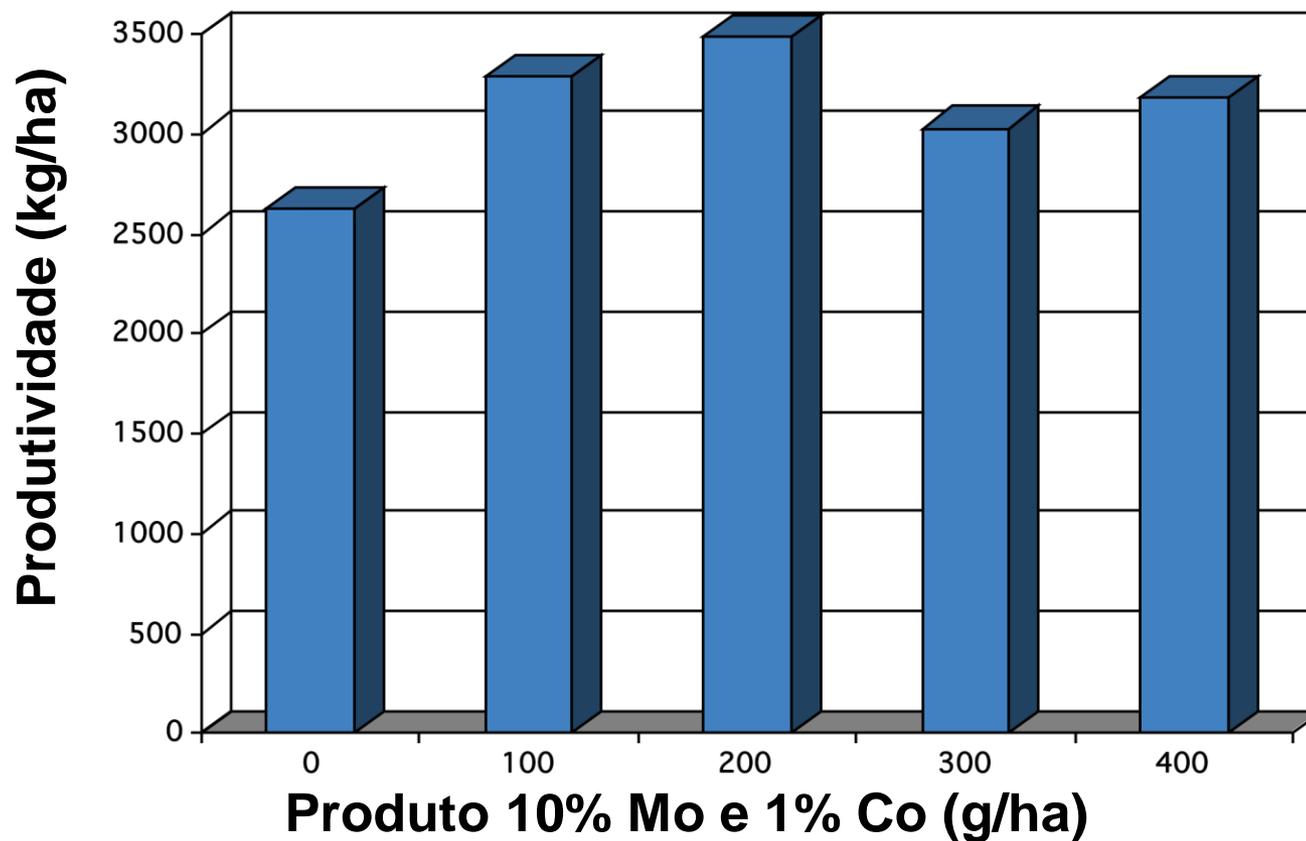


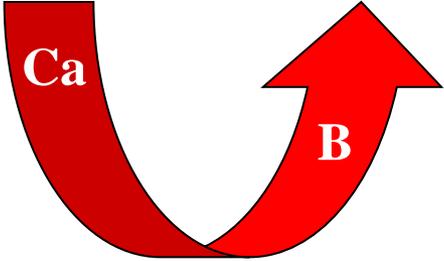
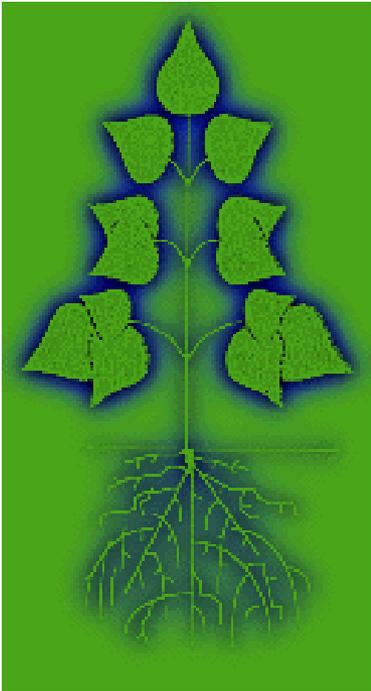
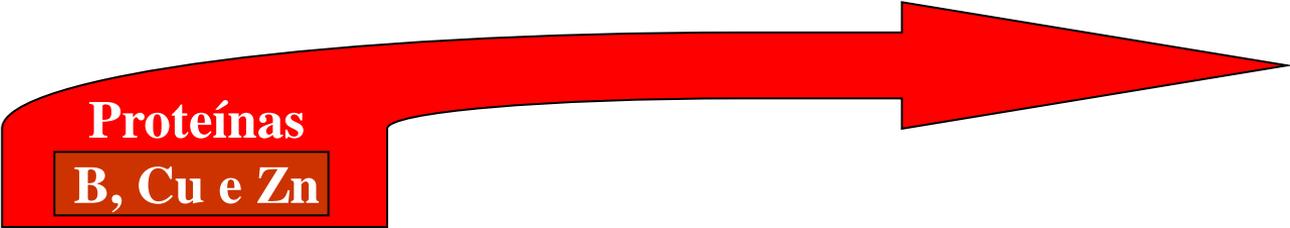


FONTE: CAMPO & HUNGRIA, 2002

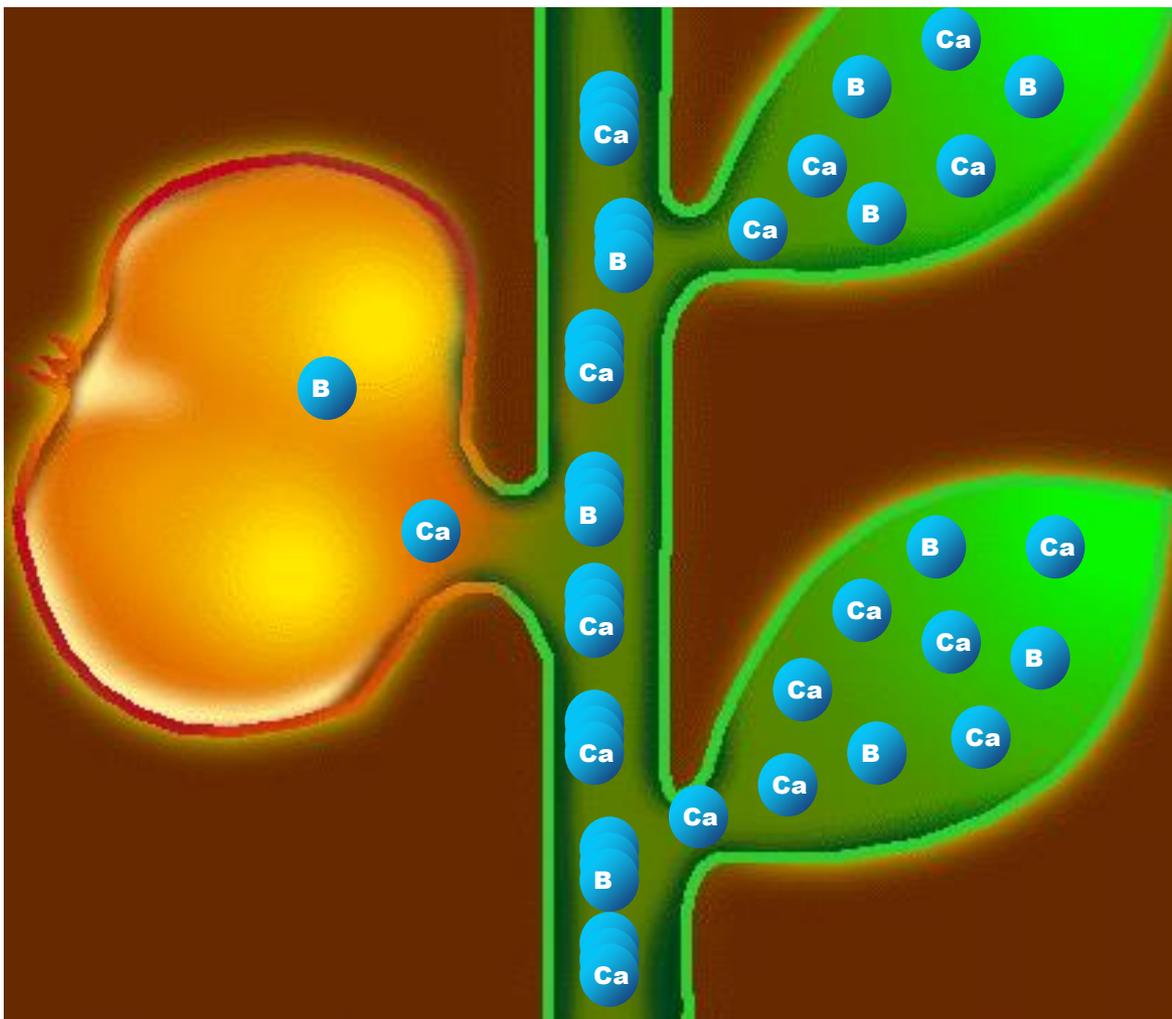


VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; PEDROSO, P.A.C.; CASTRO, R.S.A.
Fertilização Com molibdênio e cobalto na cultura da soja.
Rev. Bras. Ci. Solo, 8:349-352,1984.





MOVIMENTO DO CÁLCIO E BORO EM PLANTAS



- Cálcio e boro são translocados nas plantas com o fluxo de seiva (fluxo de transpiração) – Via Xilema
- Acumula nas folhas mais velhas
- Cálcio e boro estão imóveis

Adapted from an original diagram supplied courtesy of SQM

USO DO BORO



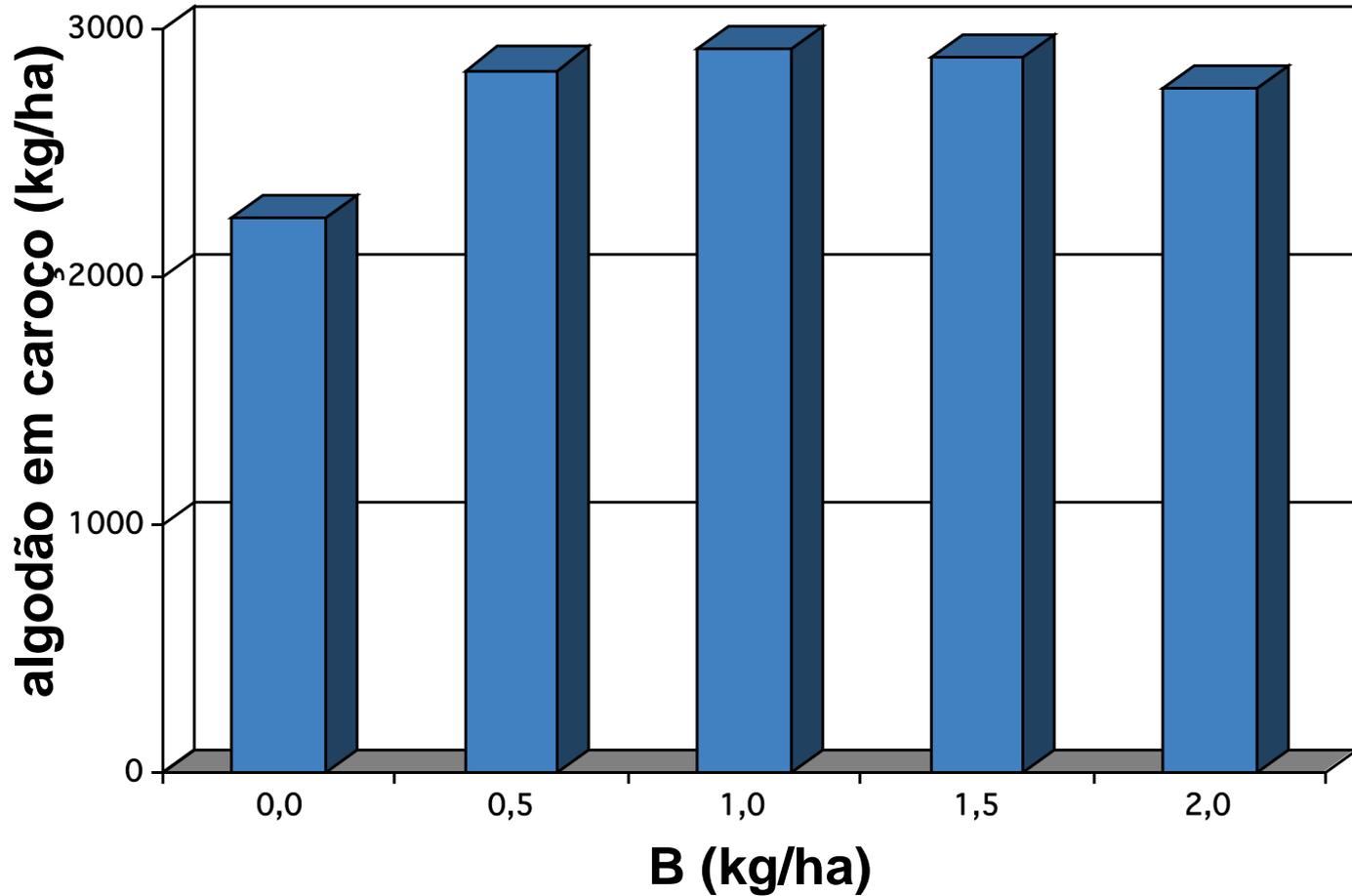
**100 % Apl. Foliar
25 % Absorvido**

**100 % Apl. Substrato
11 % Absorvido**

O B aplicado no substrato foi cerca de 4 vezes mais eficiente em nutrir as partes novas da planta do que a aplicação de B nas folhas.

Boaretto, 2004

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; CHIAVEGATTO, E.J.; SABINO, N.P.; HIROCE, R.
Efeito de doses de boro aplicados no sulco de plantio do algodoeiro em solo deficiente.
Bragantia, 41:181-191, 1982. (média de 3 cultivos)

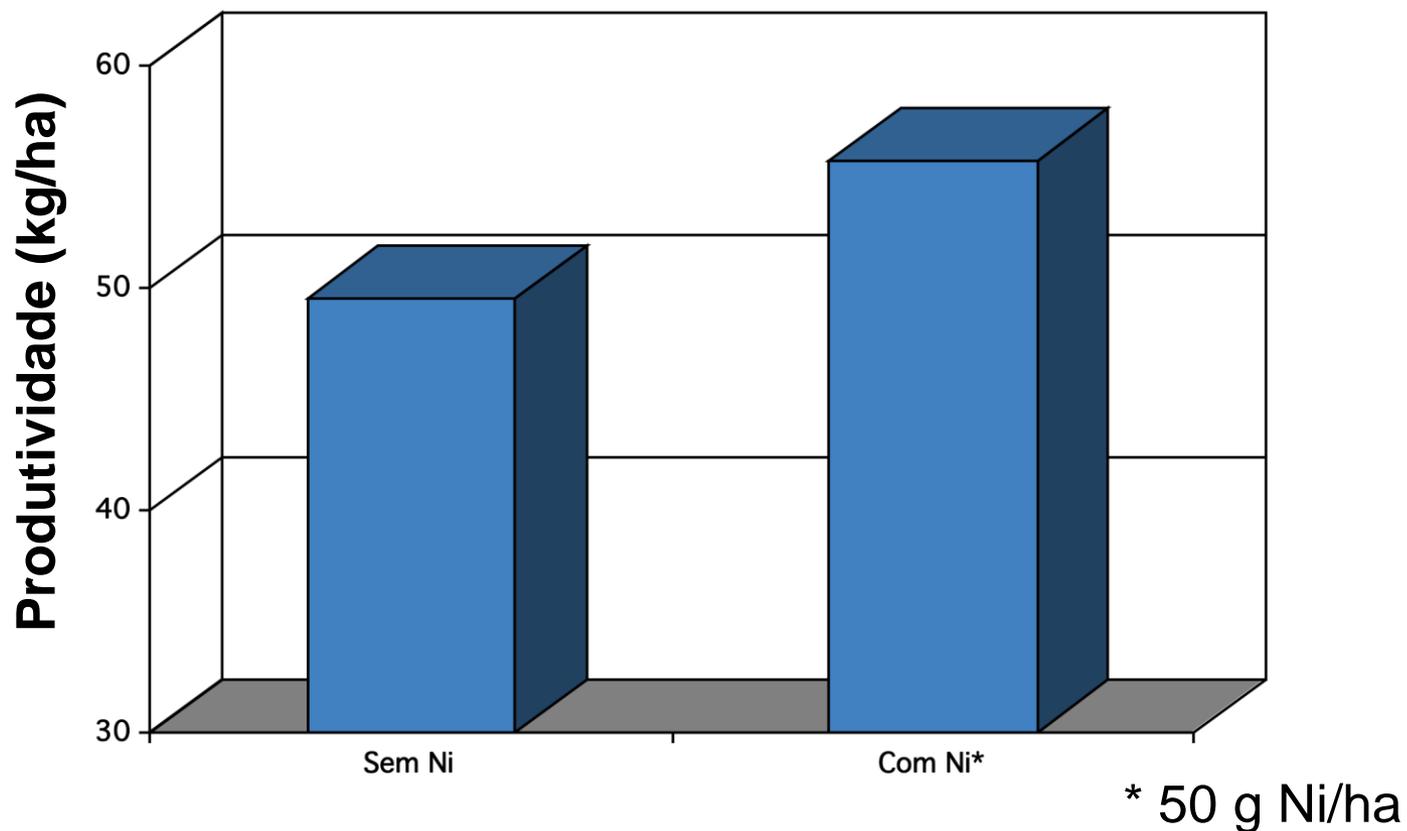


Níquel

Funções

- ✓ Constituinte da enzima urease e hidrogenase (nos nódulos do *Bradyrhizobium*)
- ✓ Ação na senescência
- ✓ Ação na qualidade de semente (Brown et al., 1987)

Média de 3 cultivos



➤ Resposta da soja à fertilizantes contendo Ni, Mo e Co.

Tratamentos	Doses ⁽¹⁾ mL ha ⁻¹	Modo de aplicação	Produtividade kg ha ⁻¹
Testemunha	-	-	2.887d
Co + Mo	200	Trat. sementes (TS)	3.854c
Co + Mo	200	Foliar, estágio V5 (AF)	3.808c
Co + Mo	100 (2 aplicações)	TS + AF (V5)	4.076b
Ni + Co + Mo	200	Trat. sementes	4.209b
Ni + Co + Mo	200	Foliar, estágio V5	4.269b
Ni + Co + Mo	100 (2 aplicações)	TS + AF (V5)	4.441a
CV (%)			3,39

Fonte: MILLÉO et al. (2009).

Doenças

FORSYTH & PETURSON (1958): ação protetiva e erradicativa do **níquel** com respeito à **ferrugem** dos cereais (trigo e aveia) e do girassol.

MISHRA & KAR (1974) e GERENDAS et al. (1999): pulverizações com **Ni** são eficientes contra a infecção de **ferrugens** de cereais devido à sua toxidez para o patógeno e também devido a mudanças causadas na fisiologia do hospedeiro que levam à resistência.

GRAHAM et al. (1985): uso do **Ni** no controle de **ferrugens** que afetam diversas culturas em várias regiões.

Tratamentos	Doses- Kg p.c./ha	Estádios de aplicação
1. Testemunha	-	-
2. NiSO ₄	0,25	V5; V7; R2
3. NiSO ₄	0,5	V5; V7; R2
4. NiSO ₄	0,25	R1; R3; R5.1
5. NiSO ₄	0,5	R1; R3; R5.1
6. NiSO ₄ + Opera*	0,25 + 0,5	V5; V7; R2
7. NiSO ₄ + Opera	0,5 + 0,5	V5; V7; R2
8. NiSO ₄ + Opera	0,25 + 0,5	R1; R3; R5.1
9. NiSO ₄ + Opera	0,5 + 0,5	R1; R3; R5.1
10. Opera	0,5	V5; V7; R2
11. Opera	0,5	R1; R3; R5.1
12. Aproach Prima + Assist	0,3 + 0,5 %	V5; V7; R2
13. Aproach Prima + Assist	0,3 + 0,5 %	R1; R3; R5.1

V5: 27/12/07 (preventivo)
V7: 03/01/07 (preventivo)
R2: 17/01/08 (preventivo)

R1: 11/01/08 (preventivo)
R3/R4: 31/01/08 (curativo)*
R5.1: 08/02/08 (curativo)

Sintomas:
03/02/08 (R4)
* pirac. + epox.

SEVERIDADE (%) DA FERRUGEM ASIÁTICA

Tratamentos	R5.1	R5.2	R5.3	R5.4	R6
1. Testemunha	16,2 A	26,2 A	49,5 A	70,0 A	96,2 A
2. NiSO ₄ 0,25 V5,V7,R2	3,0 B	5,7 B	18,7 B	37,0 B	55,0 B
3. NiSO ₄ 0,5 V5,V7,R2	1,2 C	1,5 C	6,7 C	8,7 C	42,5 C
4. NiSO ₄ 0,25 R1,R3,R5.1	3,7 B	5,0 B	7,5 C	10,0 C	31,7 D
5. NiSO ₄ 0,5 R1,R3,R5.1	0,7 C	1,0 C	3,5 D	5,0 D	23,7 E
6. NiSO ₄ + Opera	0 C	0 C	1,7 E	2,5 D	15,5 F
7. NiSO ₄ + Opera	0 C	0 C	1,7 E	2,0 D	15,5 F
8. NiSO ₄ + Opera	0,7 C	1,0 C	1,2 E	3,0 D	10,5 G
9. NiSO ₄ + Opera	0,2 C	0,2 C	0,7 E	1,0 D	8,7 G
10. Opera	0 C	0 C	1,5 E	2,5 D	16,7 F
11. Opera	0,2 C	0,2 C	1,0 E	1,5 D	10,0 G
12. Apr.Prima + As	0 C	0 C	1,2 E	11,7 C	33,7 D
13. Apr. Prima + As	0,2 C	0,2 C	0,5 E	2,7 D	7,5 G
CV %	22,2	22,5	17,9	15,9	7,0

T1 - Testem.



T2 - SN



T3 - SN



T4 - SN



T5 - SN



T6 - SN + Opera



10/
03/
08
R7

Adubação com Micronutrientes

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Observações
	g.ha ⁻¹						
milho	4,4	2,2	11,0	6,0	0,56	18,9	1 t grãos
soja	34,2	14,2	115,0	43,0	4,58	42,5	1 t grãos



Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Observações
	g.ha ⁻¹						
milho	17,8	7,8	31	33,0	0,89	37,8	1 t grãos
soja	78,8	26,7	465	130,0	5,42	60,4	1 t grãos

DEFICIÊNCIAS

Todas as regiões, particularmente cerrado
(MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985)

Praticamente todas as culturas – anuais e perenes

Mais frequentes: Boro, Zinco, Manganês

Respostas à adição de micros - às vezes notáveis

USAR MICROS É PRECISO!

DEFICIÊNCIA DE MICRONUTRIENTES NO SOLO

- ✓ **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 ----- (mg dm⁻³) -----	Média
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
Ferro	-	-	3,7 - 74,0	32,5

Fonte: LOPES e COX (1977); LOPES (1983), citado por LOPES e ABREU (2000)

DEFICIÊNCIA DE MICRONUTRIENTES NO SOLO

✓ 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, comunicação pessoal, Janeiro 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

Fonte: SUBTIL e DALL AGLIO (2000)

MÉTODOS DE APLICAÇÃO

MÉTODOS:

- ✓ Adubação via solo;
- ✓ Adubação foliar;
- ✓ Tratamento de sementes;
- ✓ Tratamento de mudas (cana).

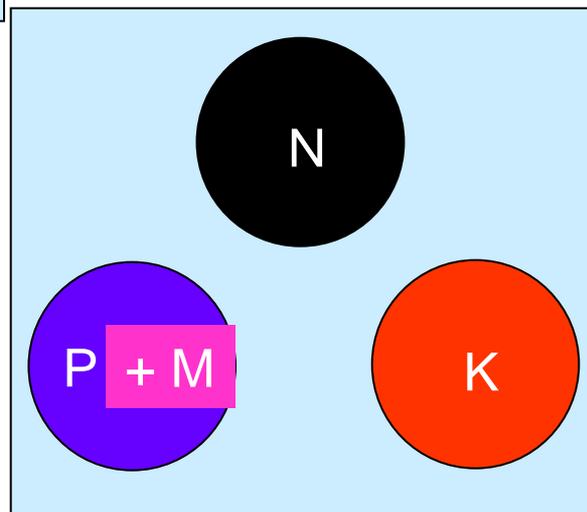
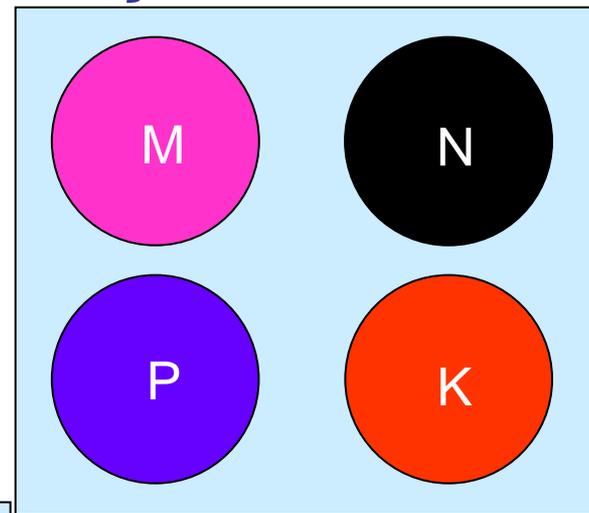
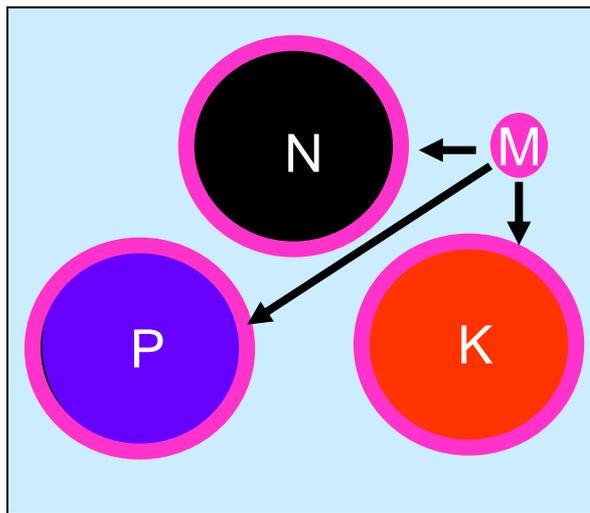
Adubação Via Solo

Correção Lenta / Mais Duradoura / Preventiva

Problema: Como distribuir uniformemente pequenas doses, poucos kg/ha ?

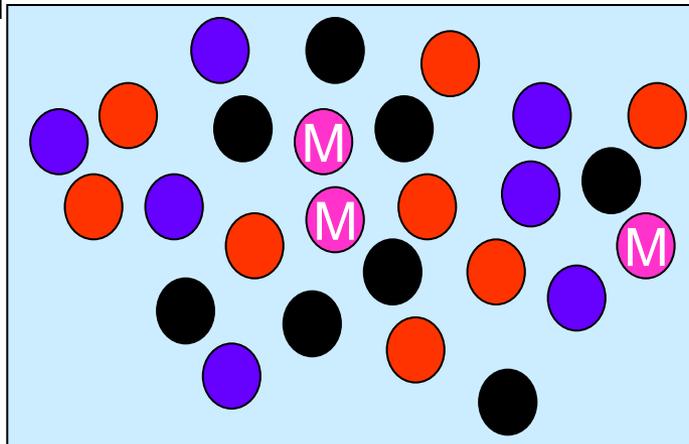
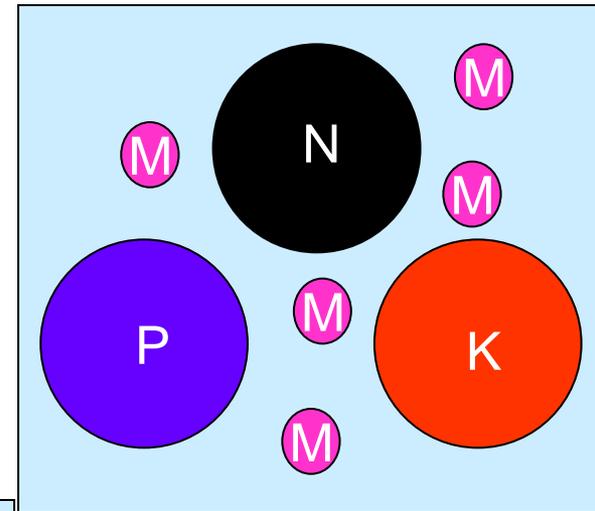
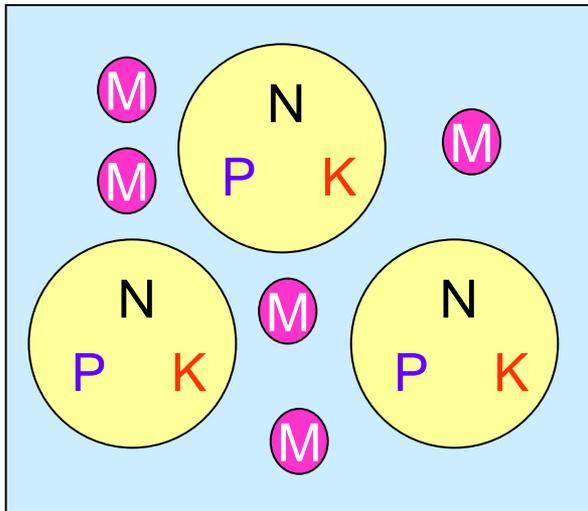
- 1) Aumento das doses iniciais, fazendo uso do efeito residual (Zn e Cu);
- 2) **Mistura** de fontes de micronutrientes, **em geral granulados**, com fertilizantes simples, mistura de grânulos, misturas granuladas e fertilizantes granulados;
- 3) **Incorporação** de fontes de micronutrientes em misturas granuladas e fertilizantes granulados, de modo que **cada grânulo** carregue o micronutriente;
- 4) **Revestimento** de fertilizantes simples, mistura de grânulos, misturas granuladas e fertilizantes granulados com fontes de micronutrientes de modo que **cada grânulo** carregue o micronutriente.

MICRONUTRIENTES NA ADUBAÇÃO NPK



(mais comum)

MICRONUTRIENTES NA ADUBAÇÃO NPK



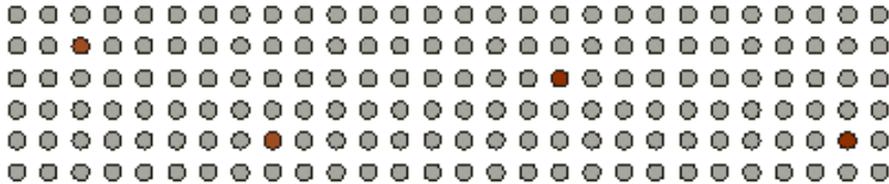
MICRO REVESTINDO N-P-K

Uniformidade da Aplicação

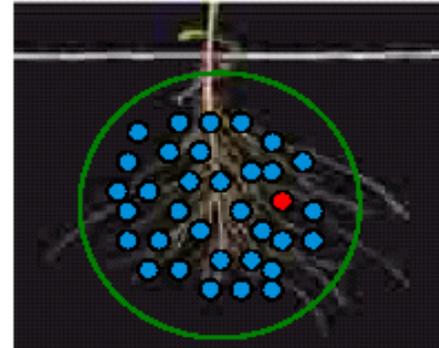
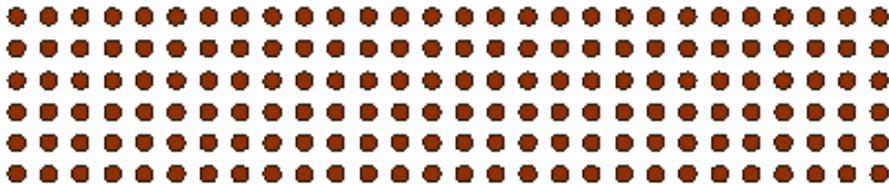
No Campo

EXEMPLO

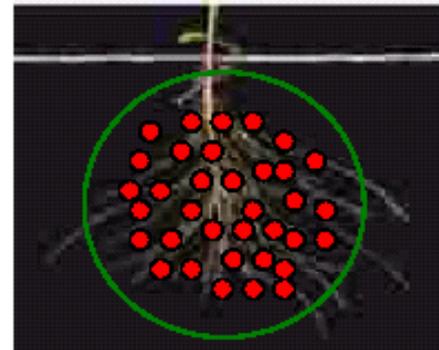
1000 Kg/Ha de Tradicional
04-14-08 + 0,2% Zn 0,05 B



1000 Kg/Ha de Micro no N-P-K
04-14-08 + 0,2% Zn 0,05 B



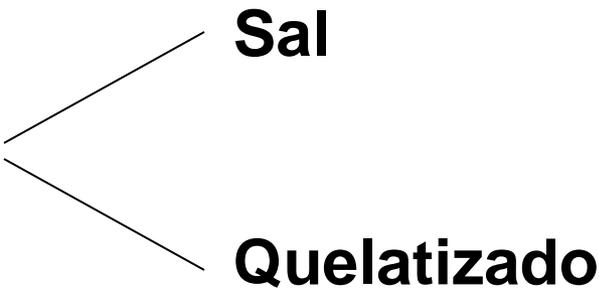
FÓRMULA
COM MICRO
NO SISTEMA
TRADICIONAL



Micro no N-P-K

Adubação Via Foliar

Folha → Correção rápida/Menos duradoura/corretiva

Principal: **Manganês** 

- Sal
- Quelativado

Estágio: **V₄ / R₁**

DOSE

✓ **Análise de solo**

✓ **Análise foliar**

Interpretação de resultados de análise de micronutrientes em solos de Cerrado

Classificação para o nutriente	Boro	Cobre	Manganês	Zinco
	(água quente)	----- Mehlich 1* -----		
	----- mg dm ⁻³ -----			
Baixo	0 a 0,2	0 a 0,4	0 a 1,9	0 a 1,0
Médio	0,3 a 0,5	0,5 a 0,8	2,0 a 5,0	1,1 a 1,6
Alto	> 0,5	> 0,8	> 5,0	> 1,6

Fonte: Galvão (2004)

* Mehlich 1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$), na relação solo:solução de 1:10 e com cinco minutos de agitação

ANÁLISE FOLIAR

➤ Teor adequado de micronutrientes na análise foliar:

Culturas	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----					
Café ¹	40-100	6-50	70-300	50-300	0,1-0,5	10-70
Cana ²	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50
Citros ¹	35-100	5-20	50-200	25-500	0,1-1,0	25-200
Milho ³	10-25	6-20	30-250	20-200	0,1-0,2	15-100
Soja ⁴	21-55	10-30	50-350	20-100	1,0-5,0	20-50

Fonte: ¹Bataglia (1991); ²Raij e Cantarella (1996); ³Cantarella et al. (1996); ⁴Ambrosano et al. (1996)

Aplicação via solo

Recomendações gerais para adubação com micronutrientes para os solos de cerrado

Teor no solo:	Boro	Cobre	Manganês	Molibdênio*	Zinco
Baixo	2 kg ha ⁻¹	2 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹	0,4 kg ha ⁻¹	6 kg ha ⁻¹

Para culturas anuais, as doses indicadas podem ser parceladas em 3 partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura em cultivos sucessivos sendo esperado um efeito residual para 4 a 5 cultivos.

Para solos com teores classificados como Médio, aplicar no sulco de plantio das culturas anuais ¼ da dose acima recomendada.

Se o teor do nutriente no solo estiver classificado como Alto, não é necessária a sua aplicação.

* Para o Molibdênio não existem valores para classificação da análise de solo.

ZINCO

a) 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

Fonte: Oxissulfato

RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO

➤ Considerações:

- ✓ Adubação de segurança (cada 4 ou 5 anos);
- ✓ Análise de solo (teor médio) = um quarto da dose;
- ✓ Análise de solo (teor alto) = não há necessidade de adubação.

RECOMENDAÇÃO DE MICRO VIA FOLIAR

Mn: 150 (Quelativado - Cl); 200(Quelativado - SO₄) a 300 g.ha-1 (SAL)

Zn e Cu: Não existe recomendação oficial

Zn = 50 a 150 g/ha

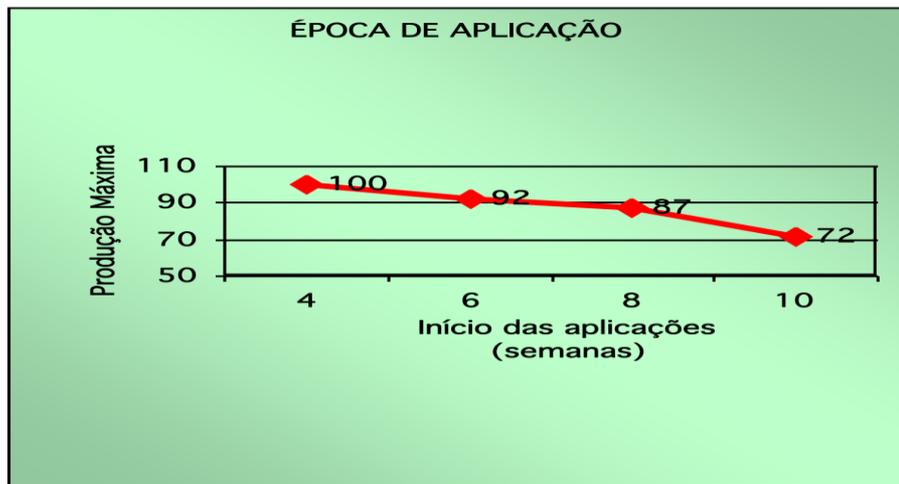
Cu = 50 a 100 g/ha

Época: V₄ + R₁

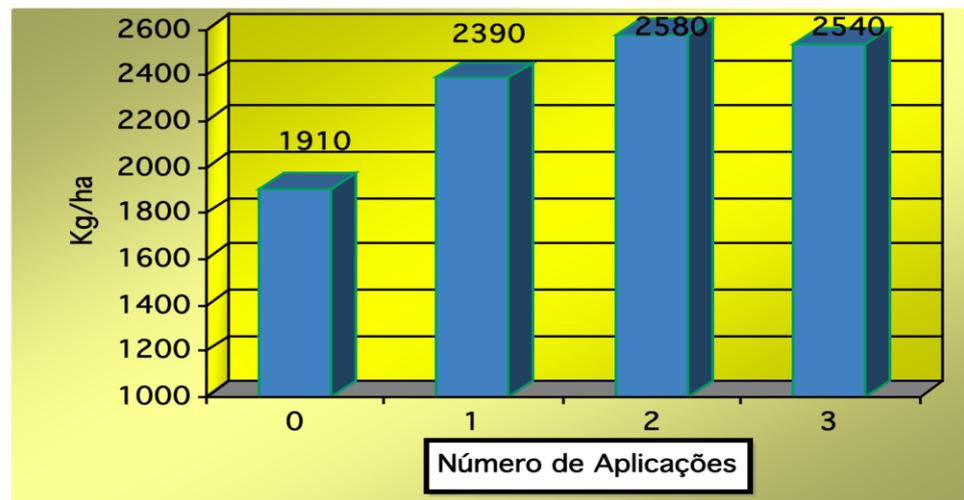
MANGANÊS - FOLIAR

SOJA

Sintomas de deficiência apareceram na 4ª semana e as aplicações foram repetidas em n.º variável, sempre



Aplicações efetuadas à cada 14 dias



FONTES

- ✓ sulfatos
- ✓ óxidos
- ✓ quelatos
- ✓ silicatos

Aplicação via solo

1^{al.} :	Boro:	Ulexita
	Zinco:	Óxi-Sulfatos
	Manganês:	Óxi-Sulfatos
	Cobre:	Óxi-Sulfatos

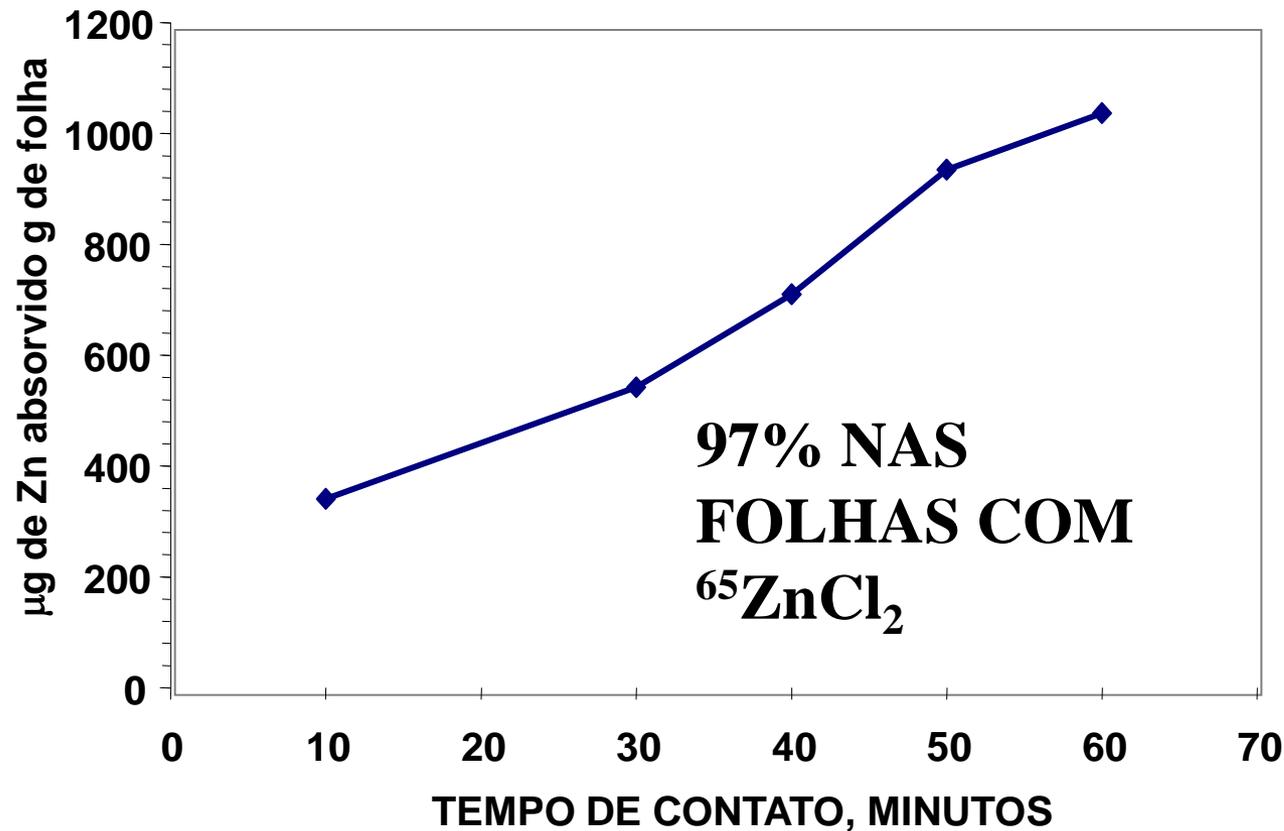
Aplicação via foliar

Absorção e transporte do zinco aplicado via foliar.

Parte de planta	Fonte de Zinco			
	Cloreto	Nitrato	Sulfato	Quelato
	----- µg/planta de Zn -----			
Raízes	2	2	4	19
Caule e ramos abaixo folha tratada	4	5	4	10
Folhas abaixo	5	5	4	31
Folhas tratadas	609	357	80	216
Caule e ramos acima	5	6	5	10
Folhas acima	8	7	6	17
Total	633	382	103	303

Fonte: Malavolta et al. (1995)

Absorção de Zn por folhas de cafeeiro



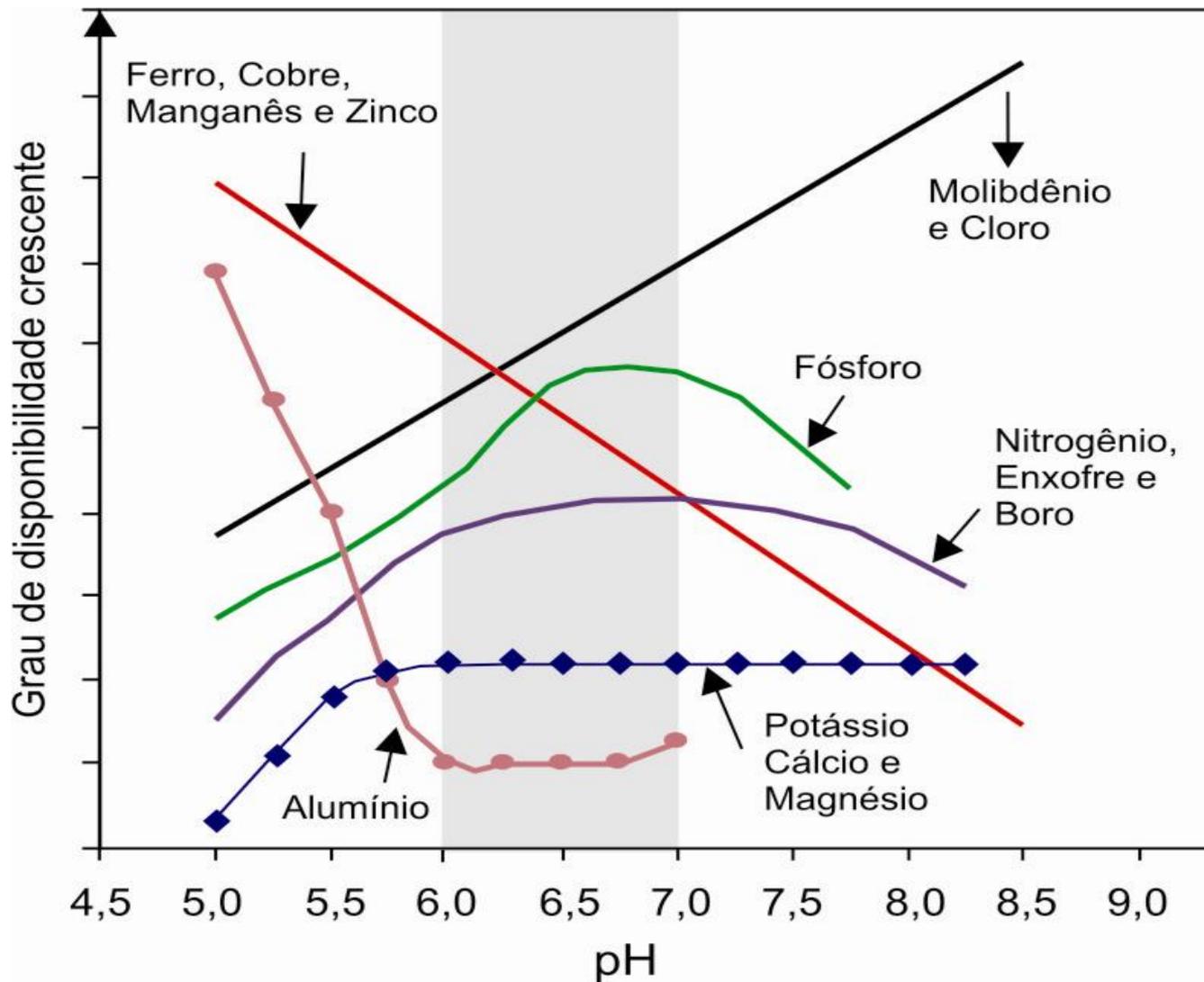
(adaptado de BLANCO, 1970)

FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA DOS FERTILIZANTES

- ✓ Fontes;
- ✓ Tipo de solo;
- ✓ pH;
- ✓ Solubilidade;
- ✓ Efeito residual;
- ✓ Mobilidade do micronutriente;
- ✓ Tipo de cultura (planta).

Fonte: LOPES (1999)

EFEITO DO PH NA DISPONIBILIDADE



Calagem:

↑ Mo
↓ Mn

*Cerrado

*Plantio direto

Fonte: Malavolta (1992)



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE



Dr. Valter Casarin
IPNI Brasil
Diretor Adjunto

OBRIGADO