



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
GAPE – GRUPO DE APOIO À PESQUISA E EXTENSÃO  
SEMINÁRIO AGROINDUSTRIAL STAB REGIONAL SUL/FENASUCRO &  
AGROCANA

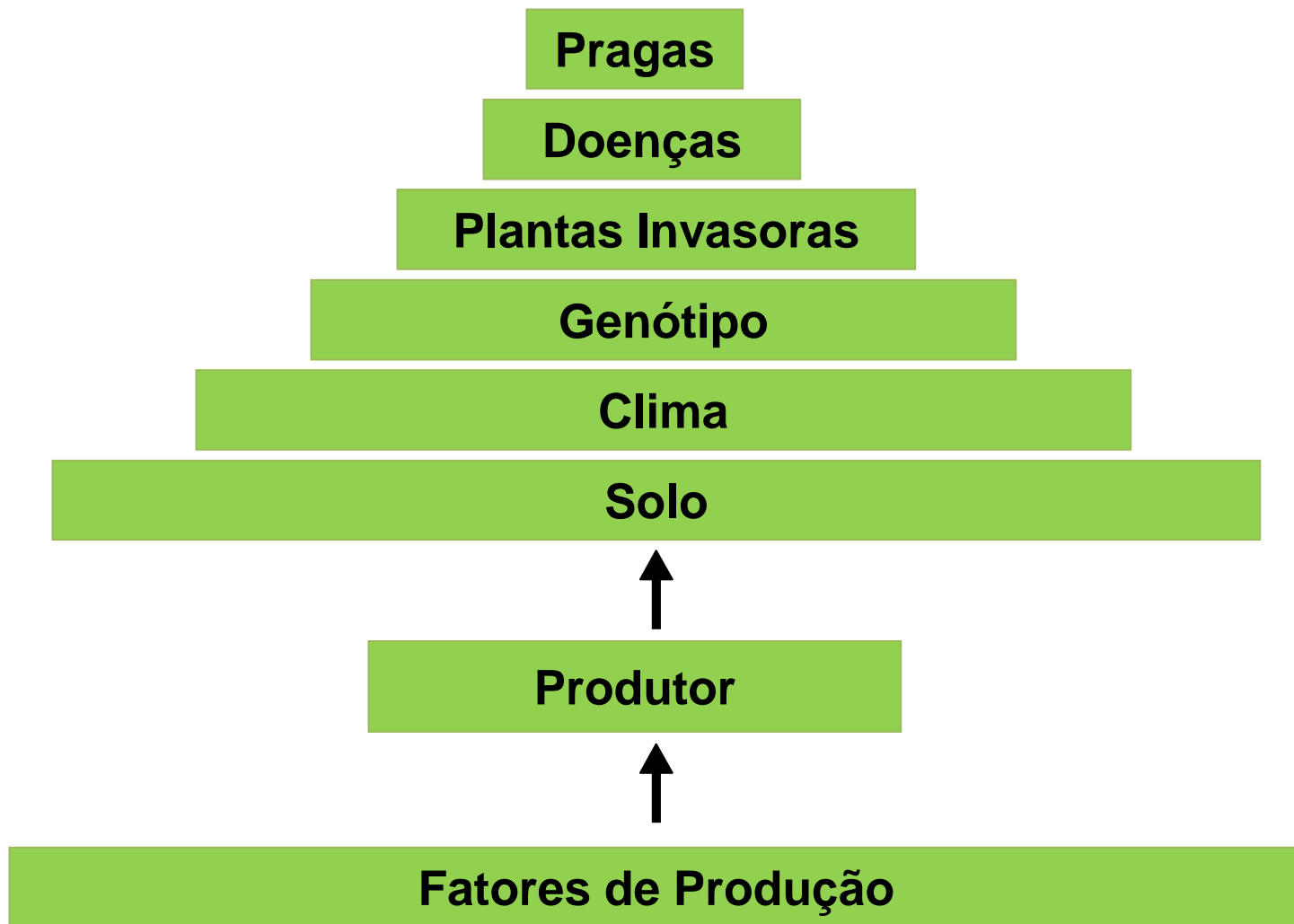
# “Manejo de micronutrientes para altas produtividades da Cana-de-Açúcar”



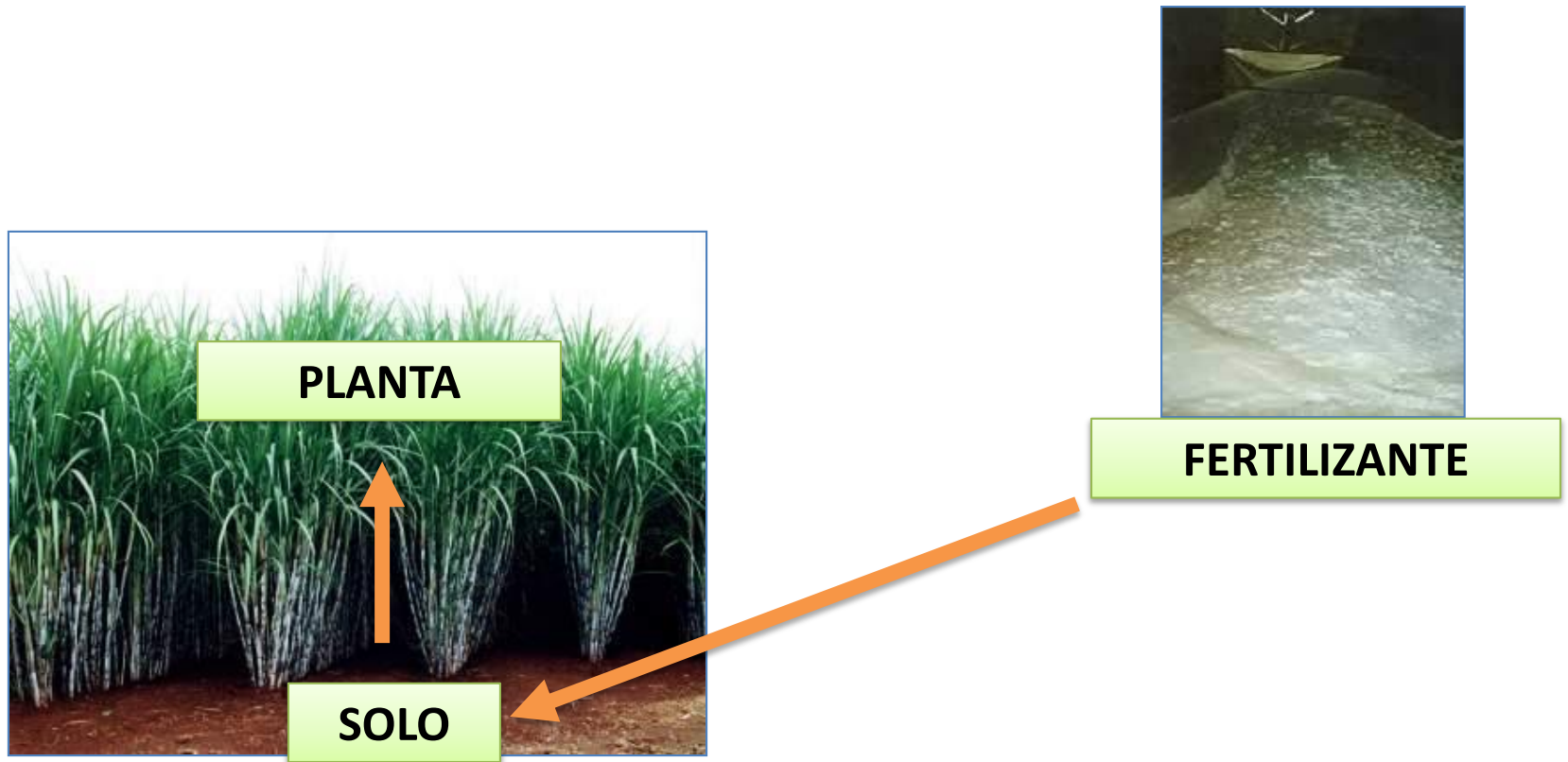
*Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti*  
*Prof. Dr. Rafael Otto*  
*Ac. Matheus Angeli Castanheira (Kid)*

Ribeirão Preto, 25 de setembro de 2016. 20 1 2005

# ***Fatores de Produtividade***



# Conceito de adubação



**ADUBAÇÃO = PLANTA - SOLO**



# Absorção x Competição



CHUVA

DESNITRIFICAÇÃO:



VOLATILIZAÇÃO

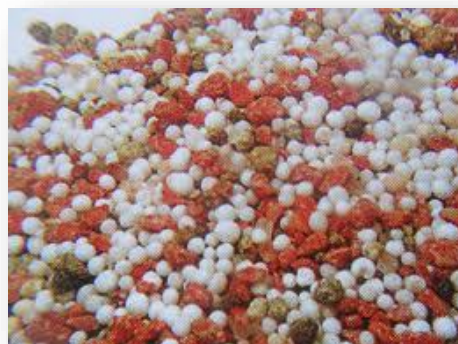
Queimada:



EROSÃO



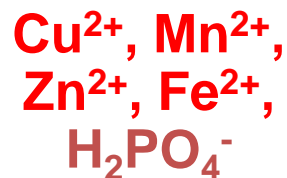
ABSORÇÃO



FERTILIZANTE

SOLO

FIXAÇÃO




LIXIVIAÇÃO



$$\text{Adubação} = (\text{Planta} - \text{Solo}) \times f$$



# **f** : Eficiência do uso do fertilizante

- Sistemas de plantio 
  - Plantio Direto
  - Cultivo Mínimo
  - Convencional
- Práticas conservacionistas;
- Fontes e parcelamento dos nutrientes;
- Agricultura de Precisão (GPS)
- Práticas corretivas (calagem, gessagem e fosfatagem)

Nutriente	Aproveitamento (%)	Fator ( <b>f</b> )
N, S e <b>B</b>	50 a 60	2,0
P, <b>Zn, Cu, Mn</b>	20 a 30	3,0 a 5,0
K	70	1,5

$$\underline{\text{ADUBAÇÃO}} = (\text{PLANTA} - \text{SOLO}) \times \mathbf{f}$$

# Manejo químico do solo

(1) Calagem (\*)

(2) Gessagem (\*)

(3) Fosfatagem (\*)

(4) Adubação Verde/Manejo do Mato (\*)

(5) Adubação orgânica (\*)

(6) Adubação mineral

(6.1) Via solo

(6.2) Via muda

(6.3) Via foliar

(\*) Práticas que visam aumentar a eficiência da adubação mineral, isto é, diminuir o valor de “**f**”

$$\underline{\text{ADUBAÇÃO}} = (\text{PLANTA} - \text{SOLO}) \times f$$

# **MICRONUTRIENTES**



# Micronutrientes

1A																												8A	
1	2A																											2	
H																												He	
3	4																											10	
Li	Be																											Ne	
11	12	3B	4B	5B	6B	7B	8B	8B	8B	1B	2B											18							
Na	Mg																											Ar	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr												
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
55	56	57 - 71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86												
Cs	Ba	Lantanídeos	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn												
87	88	88 - 103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118												
Fr	Ra	Actinídeos	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cp	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo												

- Metais Alcalinos
- Metais Alcalinos Terrosos
- Metais de Transição
- Lantanídeo
- Actinídeo

- Outros Metais
- Semi-metais
- Não-metais
- Halogênios
- Gases Nobres

## Série dos Lantanídeos

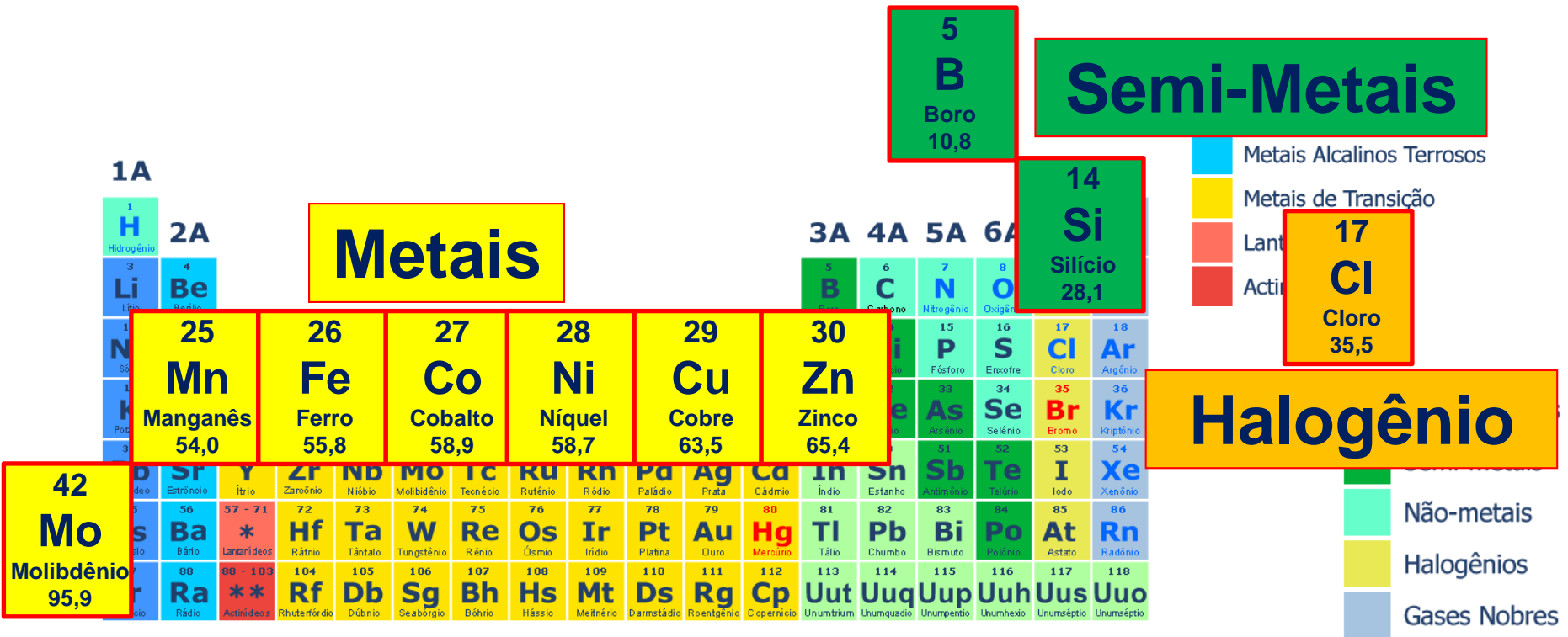
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Lantânio	Cério	Praseodímio	Neodímio	Promécio	Samário	Európio	Gadolínio	Térbio	Disprósio	Holmio	Érbio	Túlio	Íterbio	Lutécio

## Série dos Actinídeos

87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Actínio	Tório	Protactínio	Urânio	Neptúlio	Plutónio	Americo	Cúrio	Berquélio	Califórnio	Enefério	Férmio	Mendelévio	Nobélio	Laurêncio

- Fe Elementos Sólidos nas CNTP
- Hg Elementos Líquidos nas CNTP
- Kr Elementos Gasosos nas CNTP

# Micronutrientes



## Série dos Lantanídeos

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>
Lantânio	Cério	Praseodímio	Neodímio	Promécio	Samário	Európio	Gadólio	Térbio	Disprósio	Holmio	Érbio	Túlio	Ítérbio	Lutécio

## Série dos Actínídeos

87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
<b>Ac</b>	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>
Actínio	Tório	Protactínio	Urânio	Neptúlio	Plutónio	Americio	Cúrio	Berquélio	Califórnia	Enefério	Férmio	Mendelevio	Nobélio	Laurêncio

- Fe** Elementos Sólidos nas CNTP
- Hg** Elementos Líquidos nas CNTP
- Kr** Elementos Gasosos nas CNTP

# Boro

- **Formação de raízes absorventes**
- **Transporte de açúcares através das membranas**
- **Síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e fitohormônios**
- **Formação da parede celular**
- **Divisão celular**



Vitti, 2011



# Mudança nas atividades metabólicas

- Transporte de açúcar
- Lignificação e estrutura da parede celular
- Metabolismo de carboidratos



**Complexo Polissacarídeo  
Péctico**



**Boro rhamnogalacturonan 11 (B-  
RG 11)**

# DEGRADAÇÃO DE CARBOIDRATOS

Via -B

Pentose de Fosfato

Compostos fenólicos  
e  
Triptofano

Acúmulo

Quinonas e fenóis foto  
ativados

Radicais  
Superóxidos

Via +B

Glicólise



Danificam as  
Membranas



# Raízes de milho com sintomas de deficiência de B associada à falta de Ca por impedimento físico



Paces/Esalq (2008)

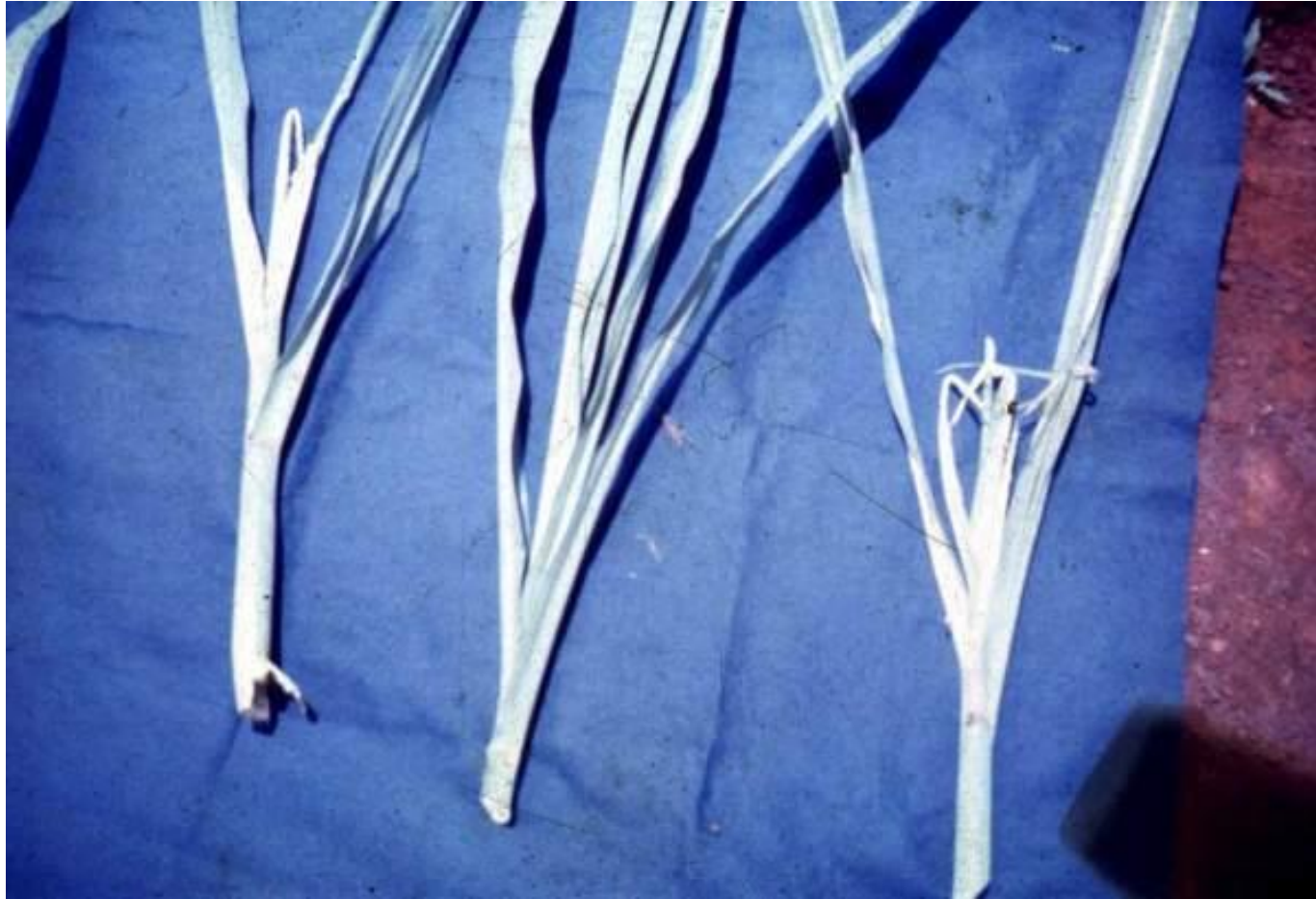
Foto: Projeto PACES/ESALQ



# BORO



# BORO



Fonte: Brasil Sobrinho

Campo dos Goytacazes/RJ

# BORO



**BORO: El Micronutriente con Macro Efectos**

**Copyright©2003 Inkabor S.A.C. Todos los Derechos Reservados.**





**Estria vermelha na RB86 7515**





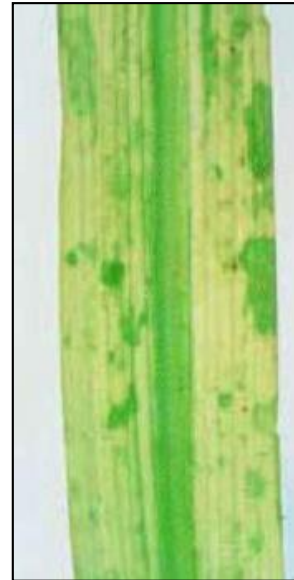
**Deficiência de B no colmo na RB86 7515**

# Cobre

- Influência na permeabilidade dos vasos de xilema à água
- Participa de muitos processos fisiológicos
- Controla a produção de DNA e RNA
- Está envolvido na resistência a doenças
- Atua como ativador enzimático



“Droopy top”





# Cobre

**ENZIMA SUPERÓXIDO  
DISMUTASE  
(Cu – Zn – SOD)**

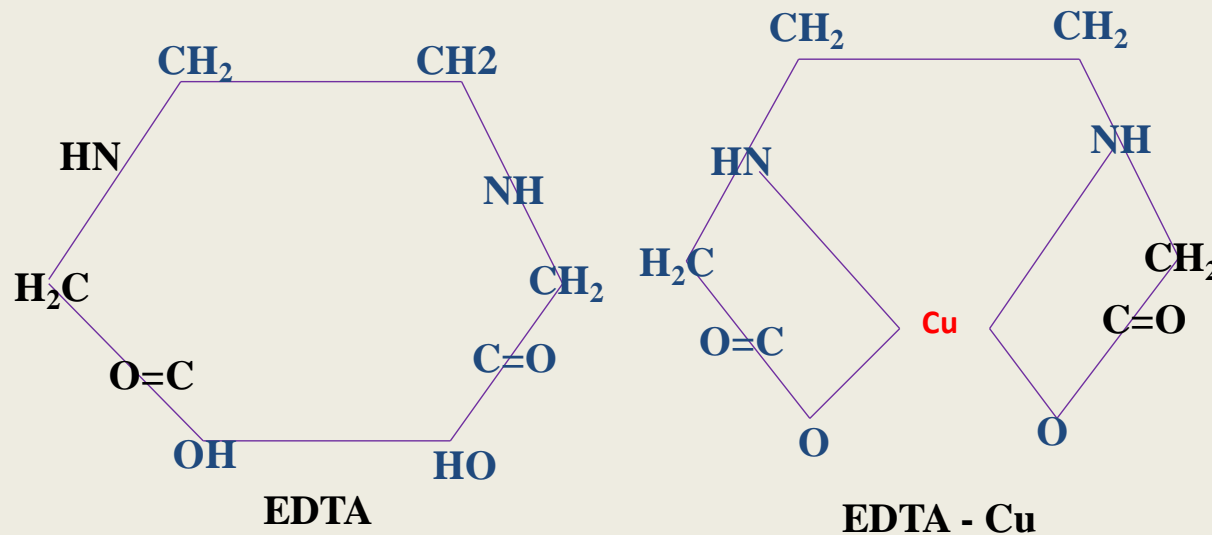


**DESINTOXICAÇÃO DE  
RADICAIS SUPERÓXIDO**

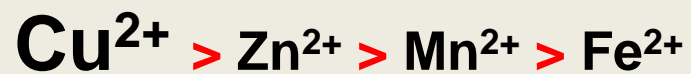


**DANIFICA CÉLULAS VIVAS**

# Usina Porto das Águas - GO



Formação de  
Quelatos estáveis  
pelo aumento da  
matéria orgânica



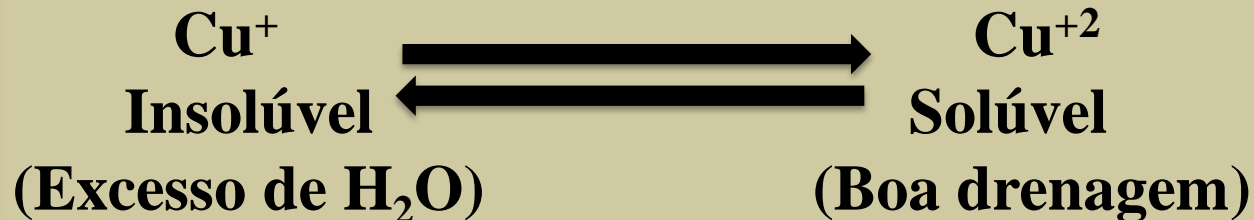
# Aeração do Solo (c)



Deficiência de Cu  
Solos de Várzea/PR

Forte complexação pela M.O.

400 g ha<sup>-1</sup> de Cu -  
aumento da produção  
de 100%





# Cerradinho BIO/Chapadão do Céu - GO



Área com lençol freático elevado, 375 g.ha<sup>-1</sup> Cu foliar



# Deficiência de Cu



•SANTOS; SOBRAL, 1980; MARINHO;  
ALBUQUERQUE, 1981

- **Tabuleiros do Nordeste: 2 a 4 kg ha<sup>-1</sup> Cu    ↑ 40 t ha<sup>-1</sup>**
- **Cu < 0,5 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich)**

# Manganês

- Participa em processos fotossintéticos
- Formação de pontes entre o ATP e enzimas
- Envolvido em processos de oxi-redução
- Resistência à doenças



Potafós

Fonte: Vitti e Mazza, 2003

Usina Estiva/RN



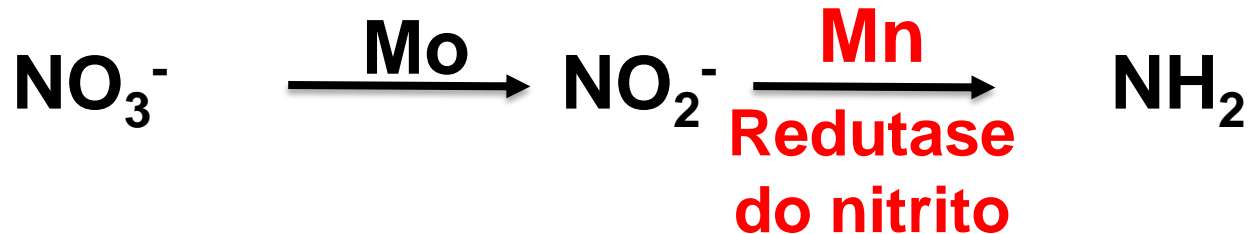
# Manganês

## Reação de Hill



Quebra a molécula de água e o sistema de evolução de  $O_2$  na fotossíntese

## Acúmulo de $NO_3^-$



# Zinco (Zn)

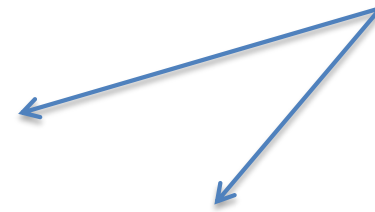
- Influência na permeabilidade das membranas
- Metabolismo de carboidratos e proteínas
- Estabilizador de componentes celulares
- Componente de várias enzimas
- Maior resistência à déficit hídrico e luminosidade, diminuindo  $H_2O_2$

Triptofano  $\xrightarrow{\text{Zn}}$  AIA



Vitti, 2012

Falsa  
Ferrugem



# Ferro

- Ativação da enzima nitrogenase
- Metabolismo de ácidos nucleicos
- Funções catalíticas e estruturais
- Correção importante no sistema MPB



RB96 6928

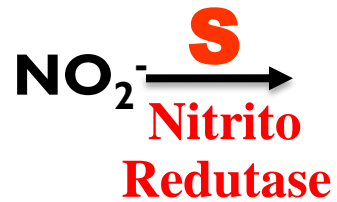
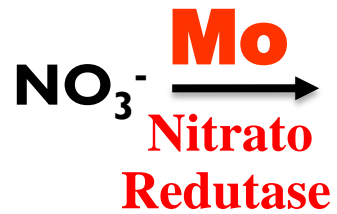
Potafos

Renovação de raízes

Mais importante em cana soca

Absorção  $Mn^{++} > Fe^{++}$  (Excesso de chuva)

# Nitrogênio x Molibdênio



Vitti, 2011

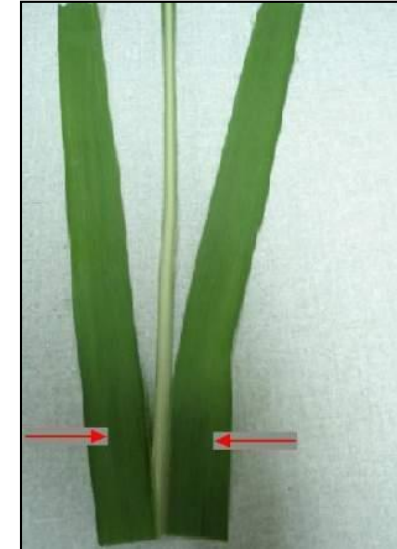
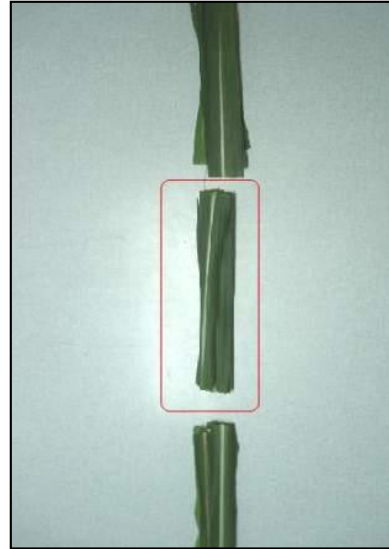


# Molibdênio

- **Constituintes de enzimas (redutase do nitrato e nitrogenase)**
- **Necessário ao processo de fixação biológica e no metabolismo do nitrogênio**



# Diagnose Foliar (Procedimentos de Amostragem)



- Tipo de Folha: **Coleta-se a folha +1** (correspondente à 3ª folha a partir do ápice onde a bainha é totalmente visível). **Desprezar a nervura central.**
- Época: Maior Fase de vegetação do canavial: **primavera - verão**

# Teores de Micronutrientes na Planta

Teores foliares adequados de micronutrientes em cana-de-açúcar

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
----- mg kg <sup>-1</sup> -----					
10-30	6-15	40-250	25-250	10-50	0,05-0,20

Fonte: Spironello et. al. (1997)

B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
2-7	3-7	75-200	15-75	13-20	0,05-0,15

Fonte: Anderson (1990)

# Teores de Micronutrientes no Solo

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	água quente DTPA mg dm <sup>-3</sup>				
baixo	0-0,2	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
médio	0,21 - 0,6	0,3 - 0,8	05 -12	1,3 - 5	0,6 - 1,2 (>1,6)*
alto	>0,6	>0,8	>12	>5	>1,2(1,6)*
g 100 t <sup>-1</sup>	235	339	7318	2472	592
kg 5 cortes <sup>-1</sup>	1,2	1,7	37	12	3

Boletim 100

\*Mehlich

**1 mg dm<sup>-3</sup> B, Zn, Cu, Fe, Mn → 2 kg ha<sup>-1</sup>  
do micronutriente de 0 – 20 cm**



# Níveis críticos

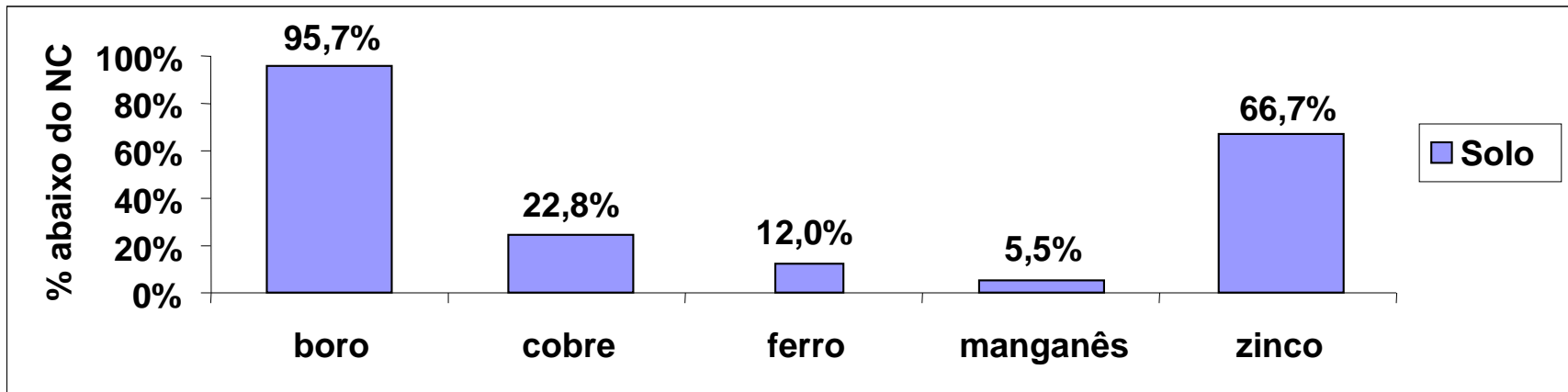
	<b>Nivel Crítico</b>				
	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Solo (mg dm<sup>-3</sup>)</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>1,2</b>
<b>Planta (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>20</b>

Solo = Extrator DTPA

# Estado Nutricional dos Canaviais

## Deficiência generalizada de B e Zn

890 análises – Região: Ribeirão Preto e Catanduva



B			
Teor na Folha	0 - 15	16 - 20	> 20
% do Total	91.0%	7.9%	1.1%

Zn			
Teor na Folha	0 - 16	17 - 32	> 32
% do Total	62.9%	37.1%	0.0%

Vale, Araujo & Vitti (2008)

# FATORES ASSOCIADOS À DEFICIÊNCIA E DISPONIBILIDADE

a) Material de origem do solo

b) Textura do solo

c) Aeração do solo

- . Ferro
- . Manganês
- . Cobre

d) Práticas culturais

- . Calagem (reação do solo)
- . Adubação fosfatada
- . Plantio direto

e) Características genéticas da planta (Ex: soja RR e milho Bt)

f) Desbalanceamento entre nutrientes

g) Altas produtividades (Lei do mínimo)

h) Queima de restos culturais (Boro: Cana-de-açúcar e algodão)

# Extração e Exportação de Nutrientes

Produção: 100 t de colmos					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			g		
Colmos	149	234	1393	1052	369
Folhas	86	105	5525	1420	223
<b>Total</b>	<b>235</b>	<b>339</b>	<b>7318</b>	<b>2472</b>	<b>592</b>

5 cortes					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			g		
<b>Total</b>	<b>1175</b>	<b>1695</b>	<b>36590</b>	<b>12360</b>	<b>2960</b>

Fonte: Orlando Fº, 1993

# Quanto ? – Cana Planta: Variedades mais recentes

## Micronutrientes

### Centro Oeste

Nutriente	Acúmulo na parte aérea	
	USL	USA
	Variedade SP81 3250 (g 100 t <sup>-1</sup> )	
B	120	147
Cu	75	50
Fe	4062	6480
Mn	544	2420
Zn	235	204

### Nordeste

Nutriente	Cultivar	
	RB92 579	RB93 509
	g 100 t <sup>-1</sup>	
B	111	130
Cu	75	129
Fe	3290	3090
Mn	660	653
Zn	279	506

Moura Filho et. al. (2008)

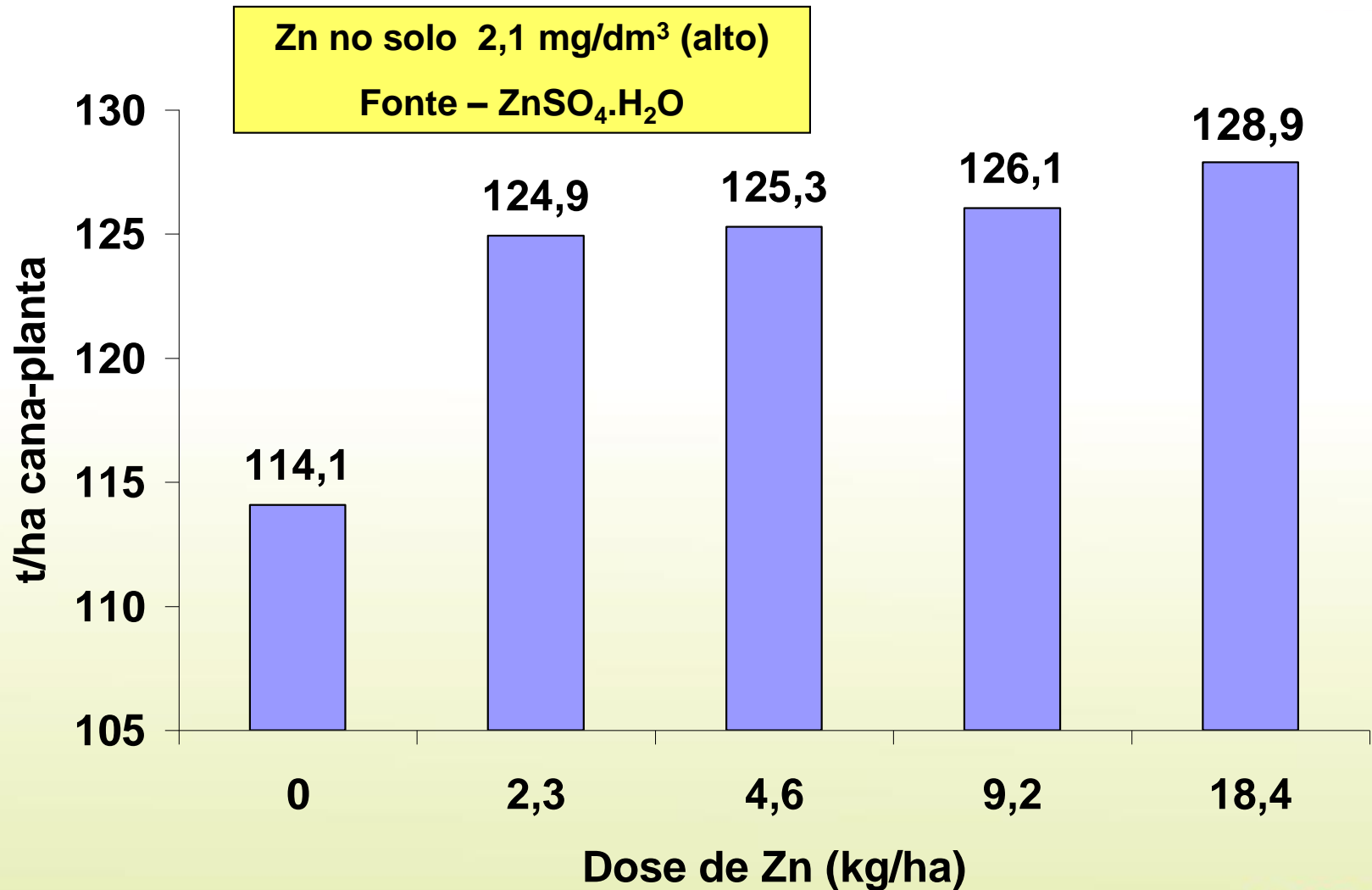
### Média

Nutriente	Acúmulo na parte aérea (g 100 t <sup>-1</sup> )
B	127
Cu	82
Fe	4230
Mn	1070
Zn	306

Franco et. al. (2008)

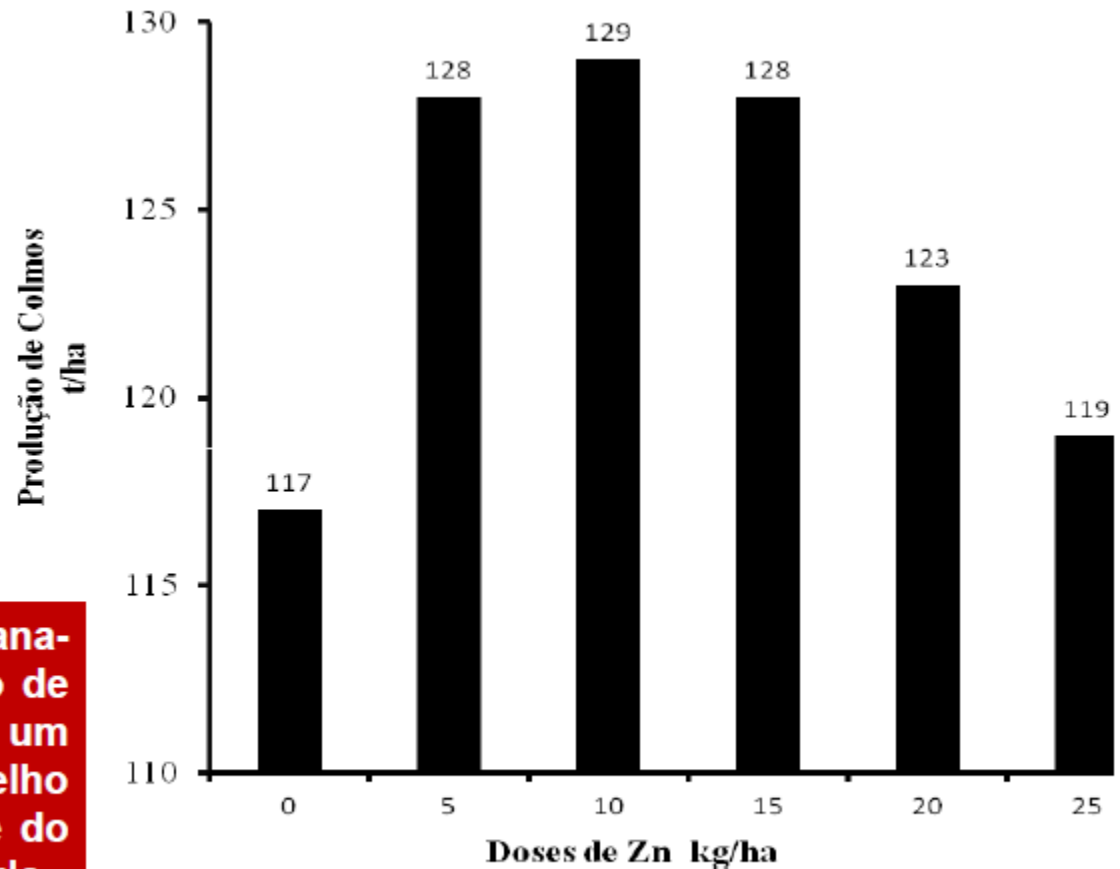


# Zinco x Produtividade



Lopes (1983)

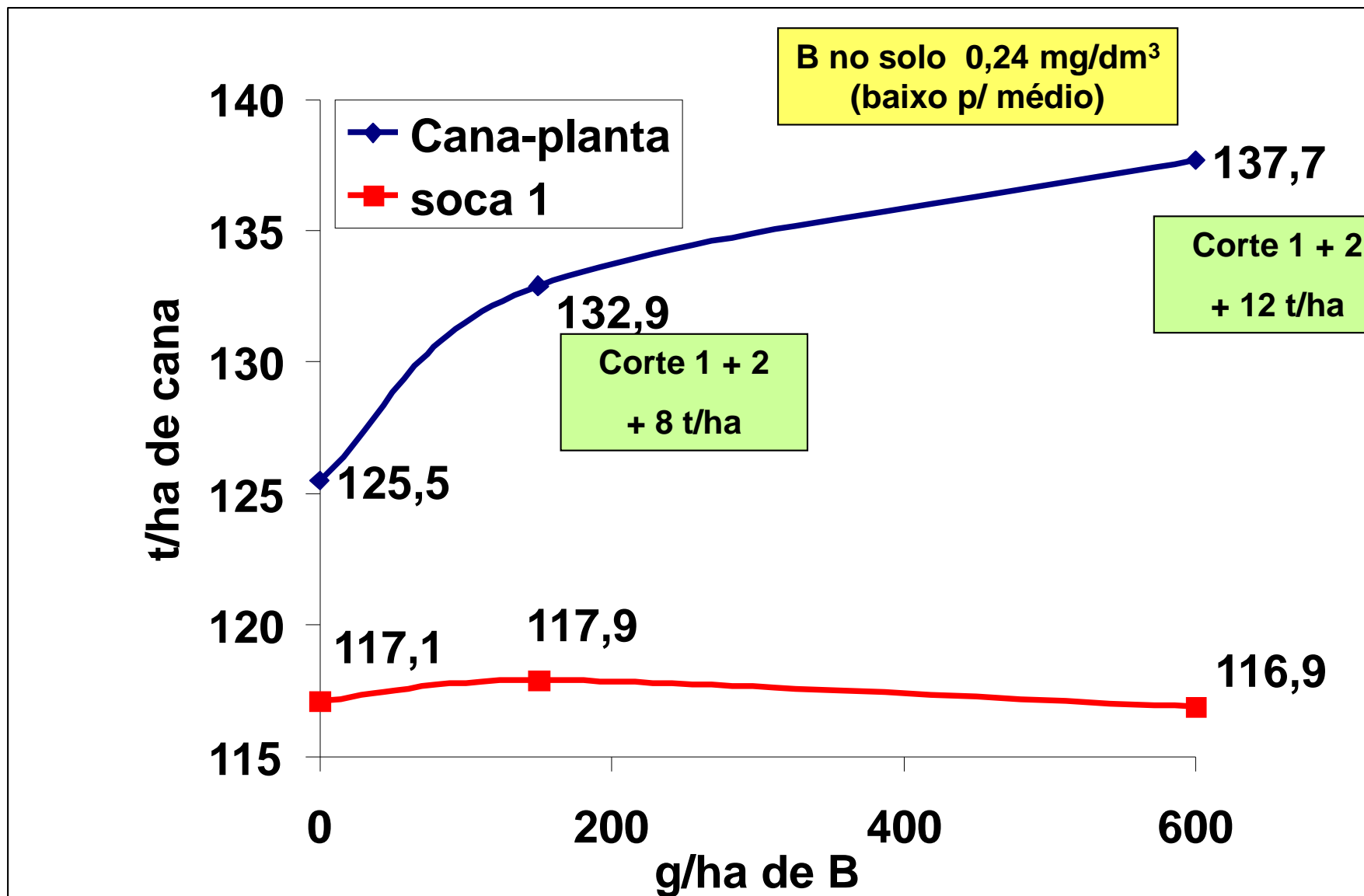
# Zinco x Produtividade



**Resposta da cana-planta à aplicação de doses de Zn em um Latossolo Vermelho Amarelo no Oeste do Estado de São Paulo.**

Fonte: Gráfico adaptado de Cambria et al (1989)

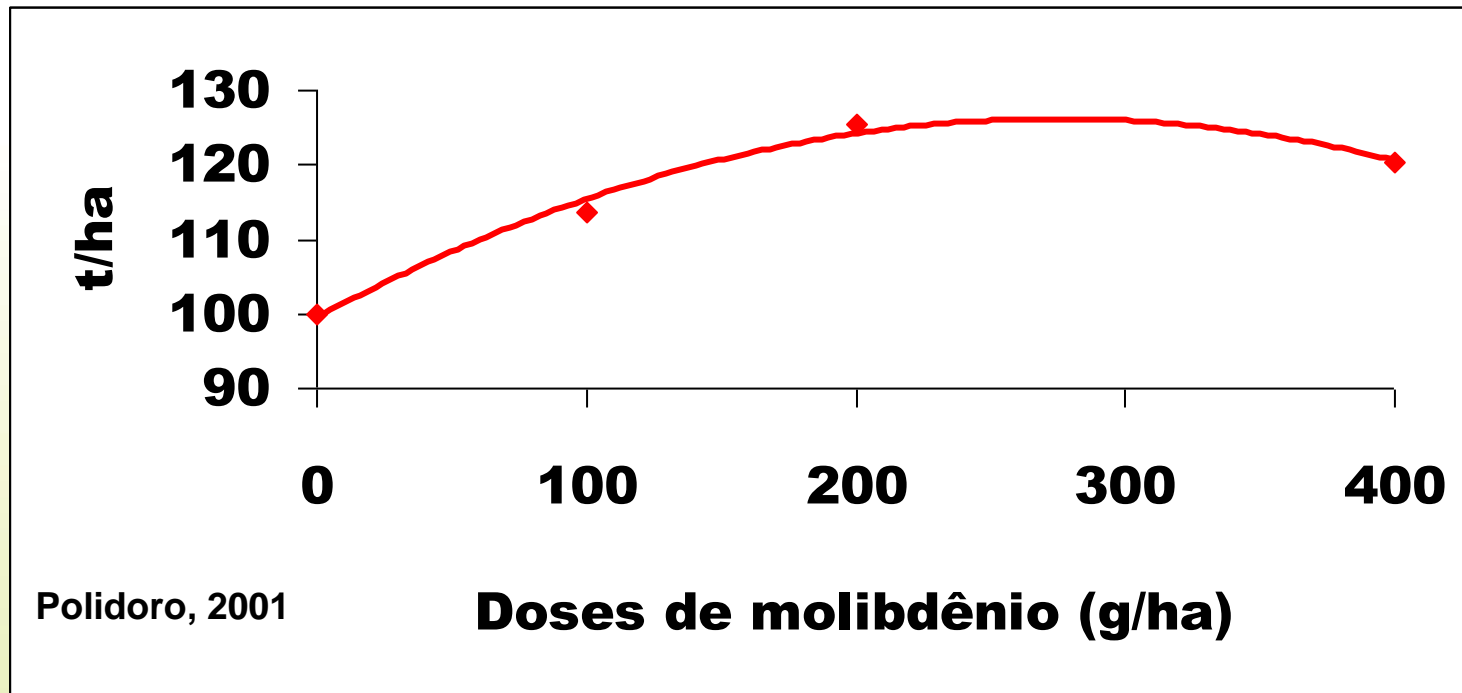
## Boro x Produtividade





# Molibdênio x Produtividade

- ≈ Deficiência em áreas de gessagem
- ≈ Favorece o melhor aproveitamento do nitrogênio

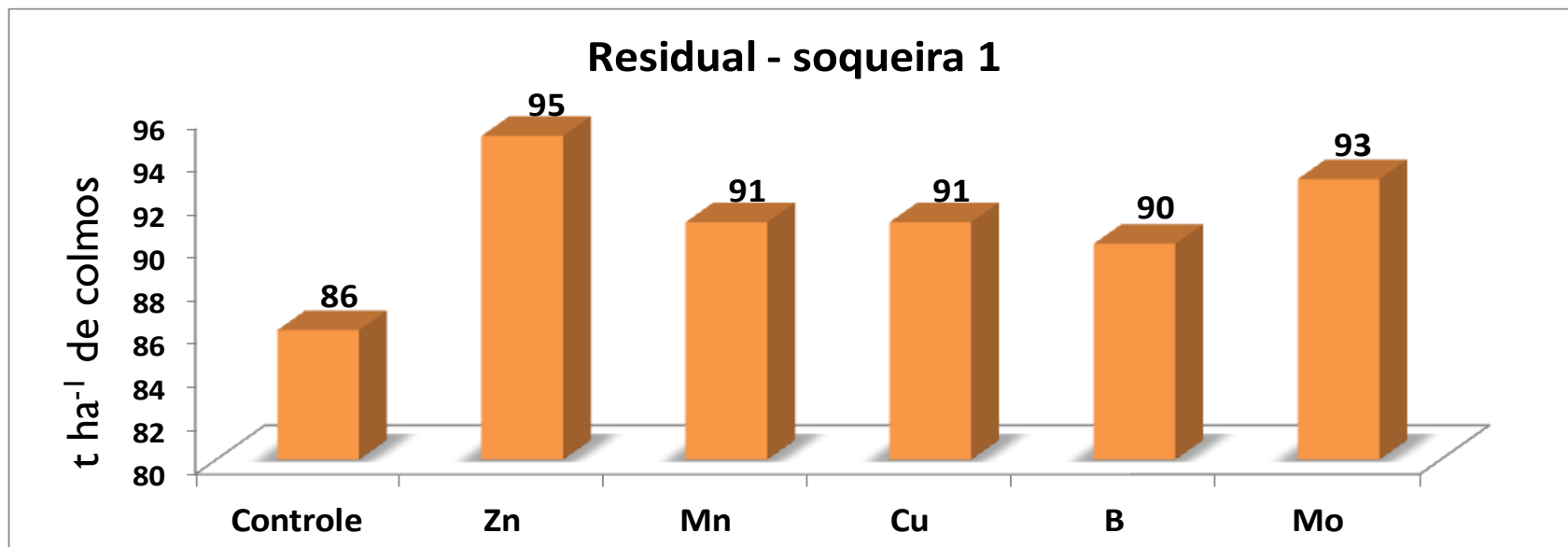
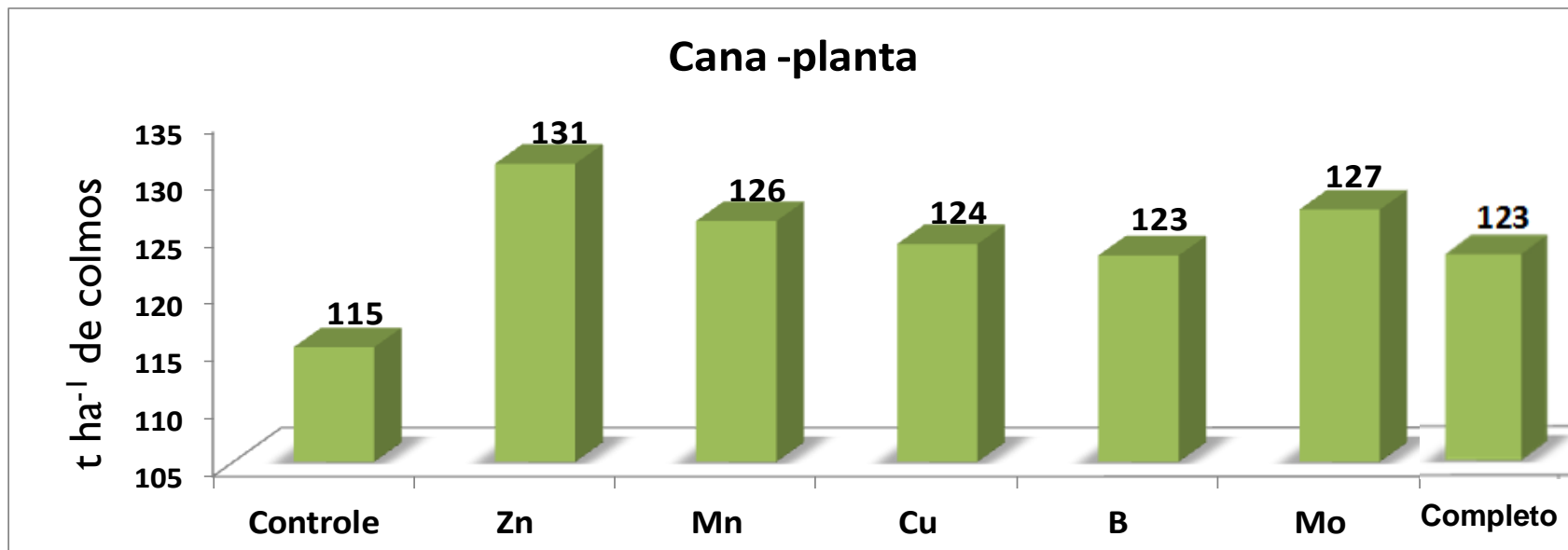


**Sem Micronutrientes**

**Com Micronutrientes**

**8 Locais = 13  
Usinas**

# Avaliações do IAC no Estado de SP





# Sais de Alta Solubilidade (PS)

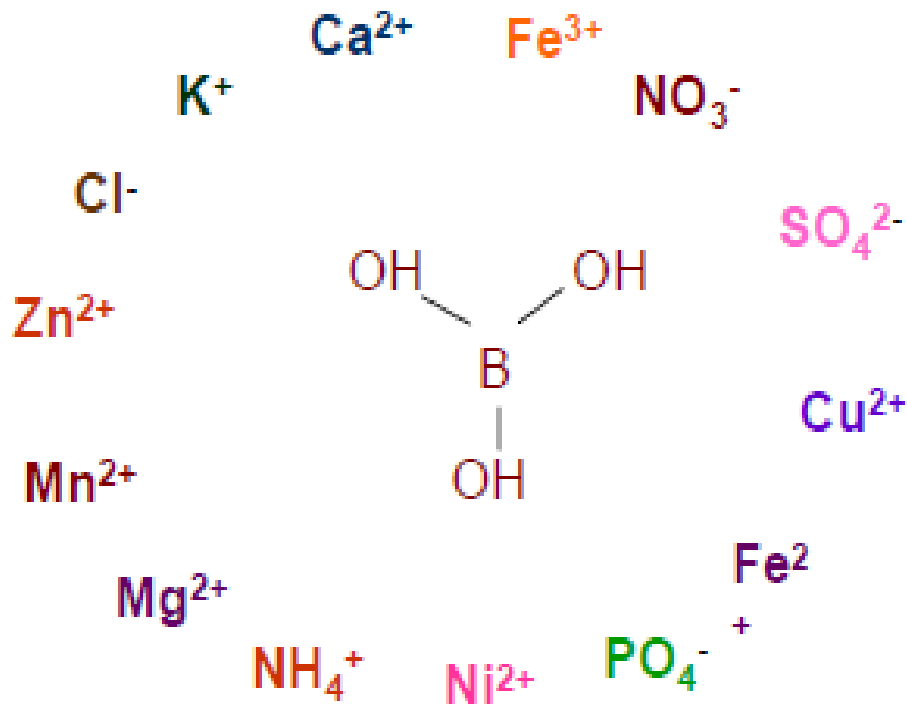
Cu: Sulfato de cobre: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	24% Cu	PS = 22
Mn: Sulfato de manganês: $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	25-28% Mn	PS = 105
Zn: Sulfato de zinco: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	21-22% Zn	PS = 75
Molibdato de sódio: $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39% Mo	PS = 56
Molibdato de amônio: $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	48% Mo	PS = 40

**Alta fixação no solo (>P)**



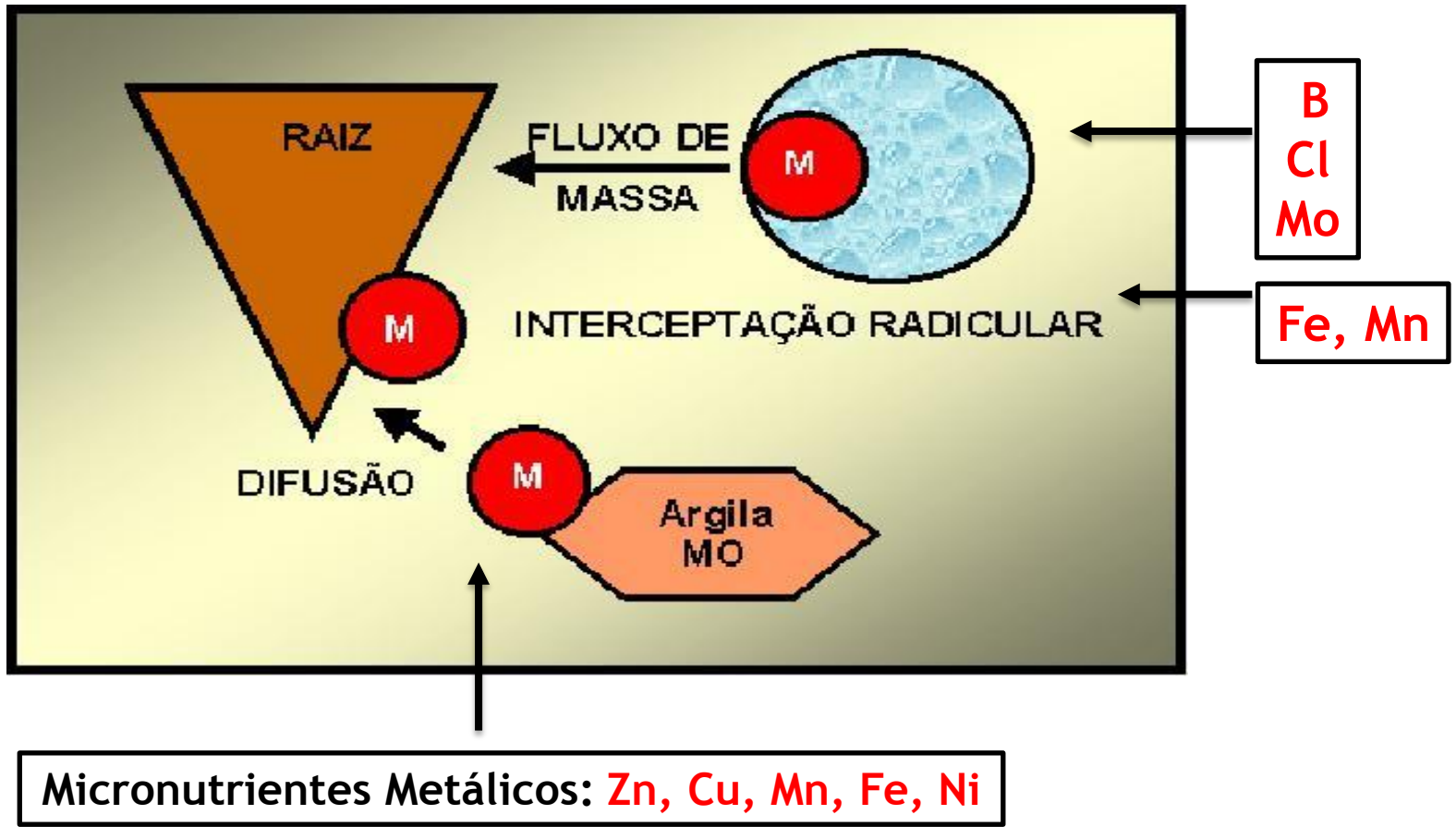
# Absorção dos nutrientes

Todos os nutrientes minerais são absorvidos como íons, com exceção do Boro



*Todos os nutrientes, exceto o Boro necessitam de transportadores de membrana*

# Contato íon-raiz



# Processo de contato e a localização dos fertilizantes

## Comportamento de micronutrientes elementos no solo

Processo de contato				
Elem.	Interceptação	Fluxo de massa	Difusão	Aplicação de adubos
----- (% 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/Mudas

Fonte: Malavolta et al, 1997.

## (1) Fluxo de massa (Lixiviação)



## (2) Difusão (Fixação no solo)





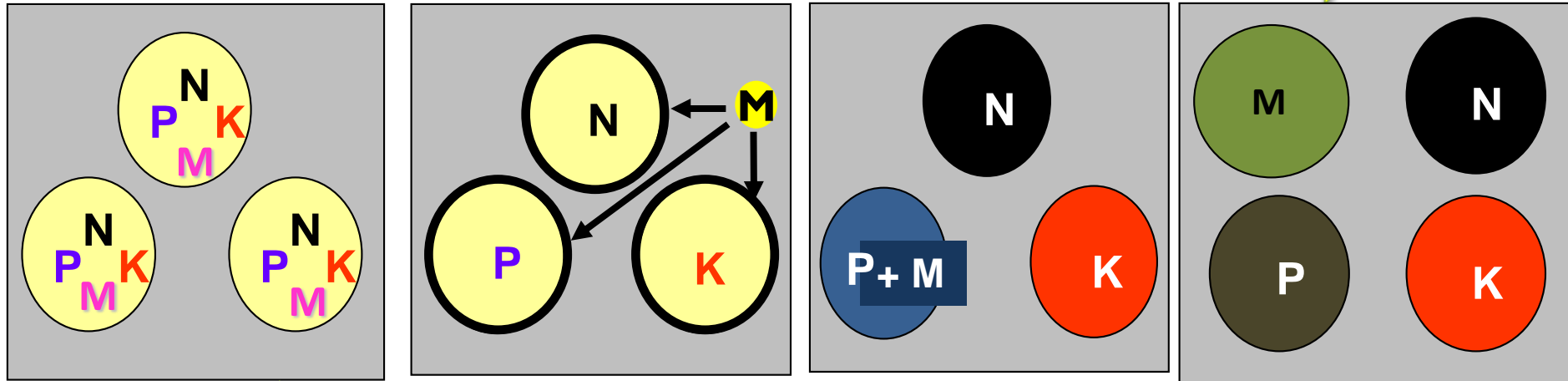
# Métodos de Aplicação

## Via Solo

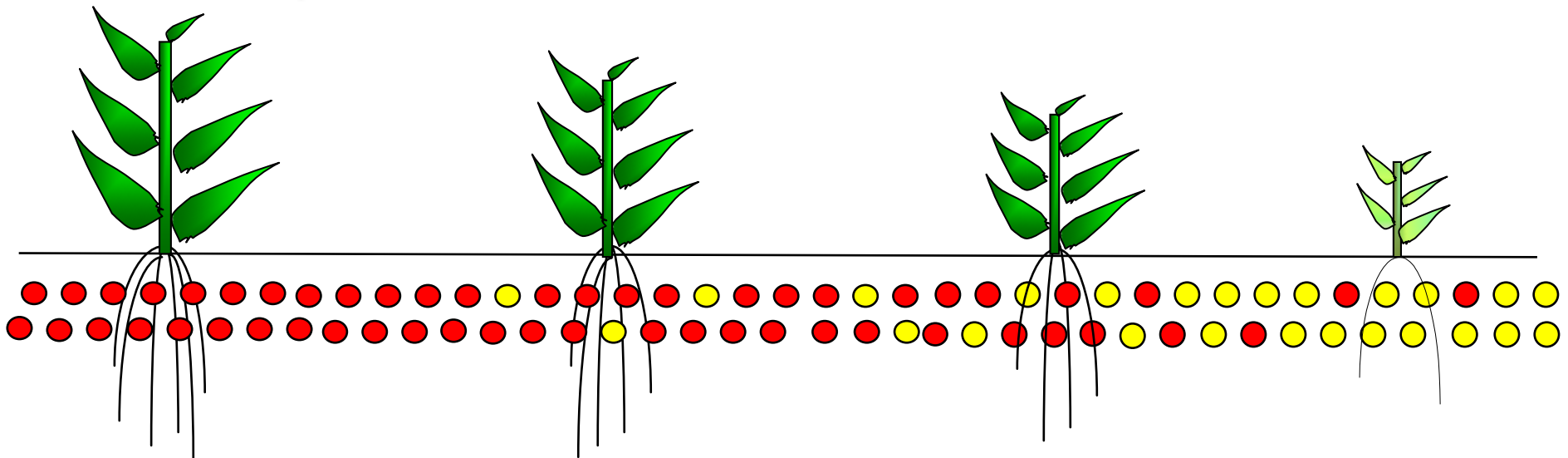
**Lenta – Duradoura – Preventiva**



# SEGREGAÇÃO

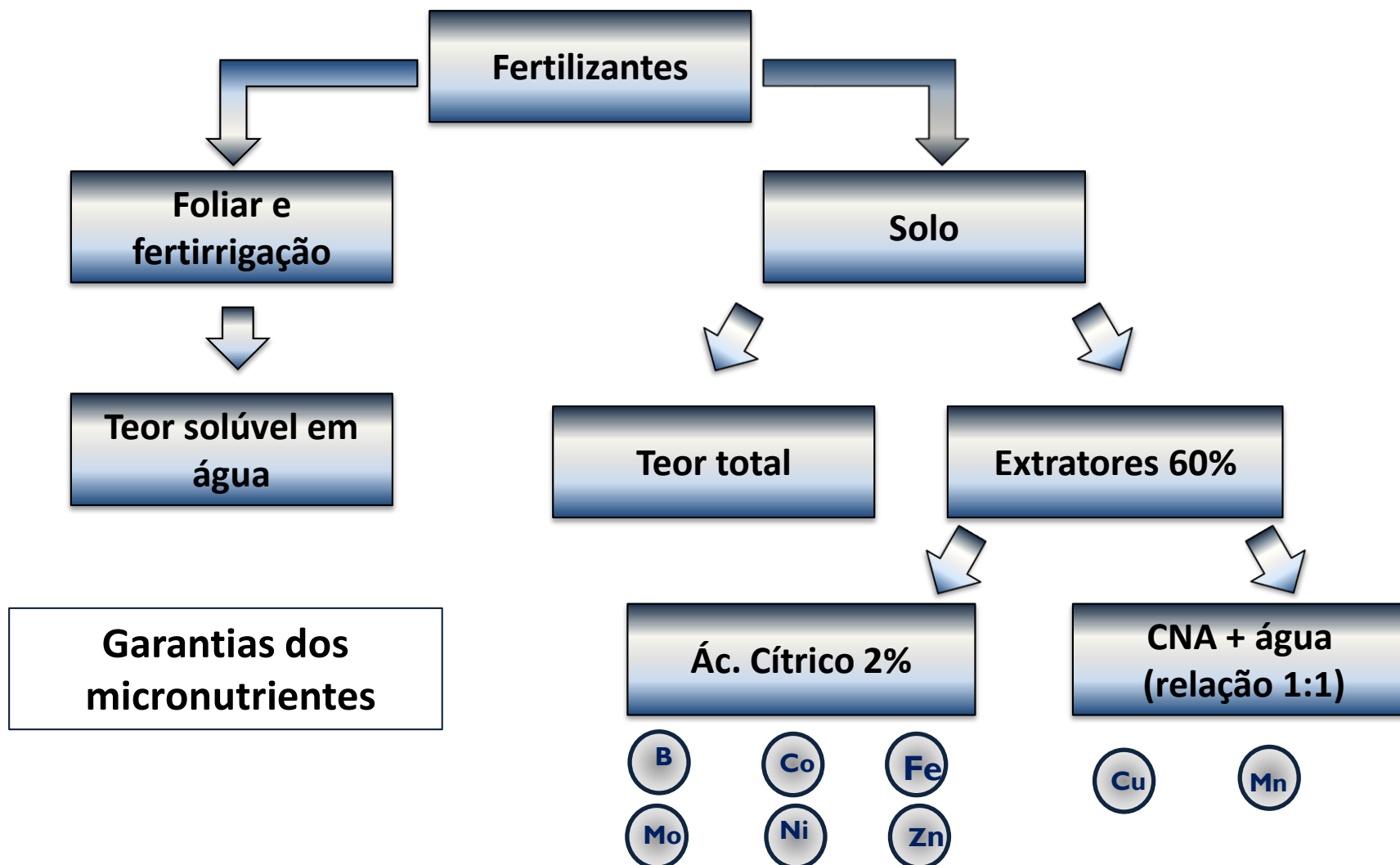


Dificuldade industrial/ Inflexibilidade



# Legislação para Fertilizantes com Micronutrientes

Anexo II → Especificações dos fertilizantes

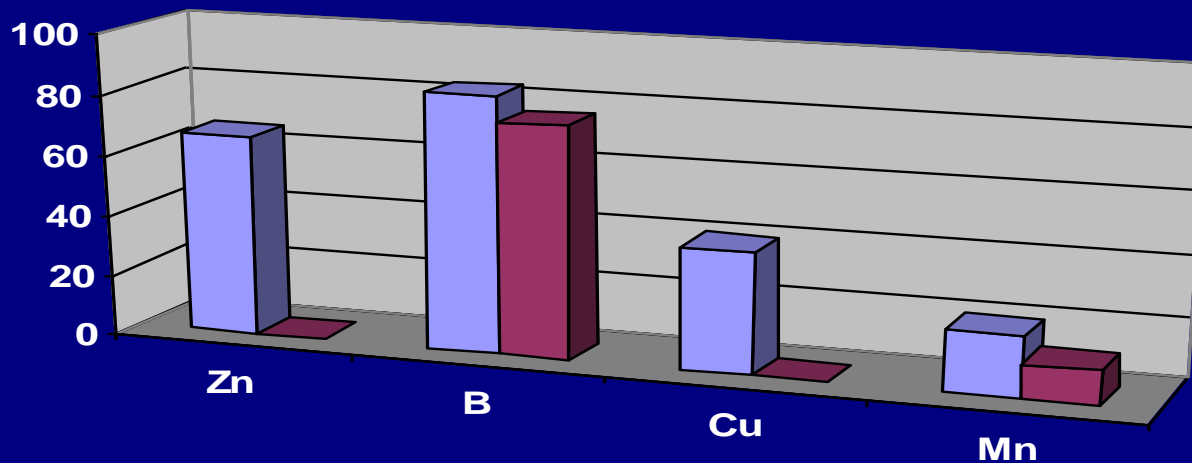


# Solubilidade dos micronutrientes

IN n.º 5 (MAPA): 23/02/07, artigo 5º

60% teor total / **CNA + H<sub>2</sub>O (1:1): Cu e Mn**  
HCl a 2,0%: **B, Co, Fe, Mo, Ni e Zn**

**Solubilidade em Água (Micro-P x BR12)**



■ Sol H<sub>2</sub>O Micro Grão de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

■ Sol H<sub>2</sub>O Micro BR12



# Fertilizantes com Boro – Via Solo

Bórax:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Ulexita:  $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Colemanita:  $\text{CaB}_4\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Hidroboracita:  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Adubação  
sólida

10%B

# Fertilizantes com Boro – Via Solo

Bórax:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Ulexita:  $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

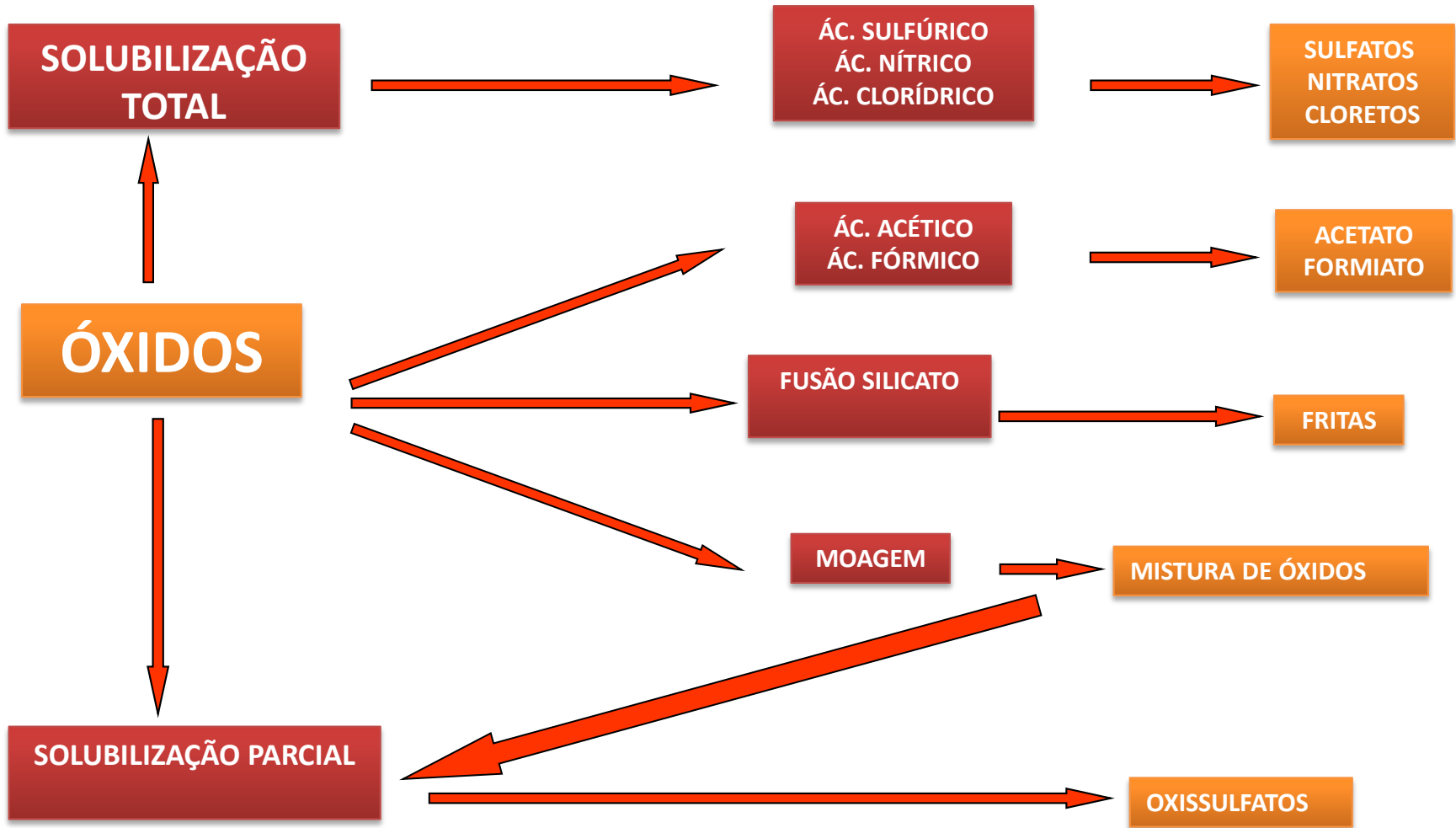
Colemanita:  $\text{CaB}_4\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Hidroboracita:  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

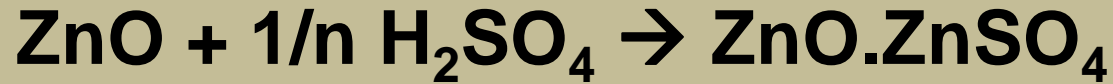
Adubação  
sólida

10%B

# Micronutrientes Metálicos (Cu, Co, Fe, Mn, Ni e Zn)



# Oxissulfatos



- **Solubilização parcial de matérias-primas, com objetivo de aumentar a solubilidade dos fertilizantes.**
  - Frações total + solúvel em água + 60% solúvel em ácido cítrico ou citrato neutro de amônio (Cu e Mn)
  - Há produtos com maior solubilidade em água
- **Farelado e granulado**
- **Aplicado individualmente ou em misturas com fertilizantes NPK.**



# Adubação com micronutrientes

## a) Via Solo – ADUBAÇÃO SÓLIDA

Doses e fontes de micronutrientes para a adubação em função do teor de nutrientes no solo

Micronutrientes	Dose recomendada (kg.ha <sup>-1</sup> )	Extração (g/100t)	g/5 cortes	Fontes
Zn (<1,2 mg dm <sup>-3</sup> )	<b>3,0 a 5,0</b>	592	2960	Oxisulfatos
Cu (<0,8 mg dm <sup>-3</sup> )	<b>2,0 a 3,0</b>	339	1695	Oxisulfatos
B (<0,6 mg dm <sup>-3</sup> )	<b>1,0 a 2,0</b>	235	1175	Ulexita
Mn* (<5,0 mg dm <sup>-3</sup> )	<b>3,0 a 5,0</b>	2472	<b>12360</b>	Oxisulfatos

\* (solos do Nordeste)

**Dose menor: Solos arenosos**

**Dose maior: Solos argilosos**

# Aplicação Fluida



Vale, 2012

# Via Solo – Adubação Fluida

## FONTES:

Ácido Bórico:  $\text{H}_3\text{BO}_3 \Rightarrow 17,5\% \text{ B} \Rightarrow \text{PS} = 5,0$

Octaborato de Sódio:  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 20,0\% \text{ B} \Rightarrow \text{PS} = 10$

Boro monoetanolamina :  $150 \text{ g L}^{-1} \text{ B}$



Mo  $\rightarrow$  Molibdato Na,  $\text{NH}_4$  ou K  
 $\rightarrow$  Mo Monoetalonamina ( $250 \text{ g L}^{-1}\text{Mo}$ )

Cu } Sais (sulfato)  
 Fe } Quelatizados ( $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ )  
 Mn } Fosfitos  
 Zn } Ácidos húmicos e fúlvicos  
 Oxidos, hidroxidos e carbonatos micronizados

Micro	Doses
	$\text{kg ha}^{-1}$
B	0,5 – 1,0
Zn	1,0 – 1,5
Cu	0,5 – 1,0
Mo	0,05 – 0,1

Doses menores = quelatizados, fosfitos, ác. fúvico e ác. húmico

Doses maiores = sais

Vitti et. al, 2006



# Micronutrientes via solo no tratamento de pragas na soqueira “Disco de Corte”



23/04/2013

Pedro Luz (2013)

LUZ, Pedro(2015) - USP



# Micronutrientes via solo no tratamento de pragas na soqueira “Disco de Corte”



**PRODUTO SENDO “INJETADO”  
NO MEIO DA SOQUEIRA  
Principalmente B, Zn e Mo**

23/04/2013

Pedro Luz (2013)

LUZ, Pedro(2015) - USP



# Métodos de Aplicação

## *Via Herbicida*

---



# Fertilizantes com Boro – Via Fluida

**Ácido Bórico:**



**PS = 5,0**

**Octaborato de sódio:**



**PS = 10**

**Boro Monoetanolamina: 130 a 150 g L<sup>-1</sup> B**

**Adubação**

**Fluida**

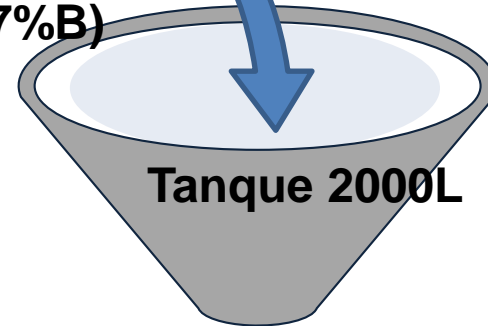
# Aplicação Boro via herbicida

a. Fonte: **Ácido Bórico**  
(17%B)

PS= 5,0

Dose: 0,68 kg ha<sup>-1</sup> B

$\text{H}_3\text{BO}_3$   
(17%B)



⇓ Vazão: 150 L ha<sup>-1</sup>

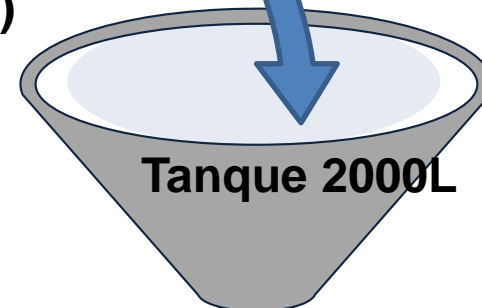
4,0 kg ha<sup>-1</sup>  $\text{H}_3\text{BO}_3$

b. Fonte: **Octaborato de sódio**  
(20%B)

PS= 10,0

Dose: 0,400 kg ha<sup>-1</sup> B

$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$   
(20% B)



⇓ Vazão: 150 L ha<sup>-1</sup>

2,0 kg ha<sup>-1</sup> Octaborato de sódio

c. Fonte: **Boro Monoetanolamina**  
(130 a 150 g L<sup>-1</sup> B)

Dose: 2,0 L ha<sup>-1</sup> = 0,300 kg ha<sup>-1</sup> B

# Métodos de Aplicação

## *Via Mudas*

---





## PERFILHAMENTO - VIGOR



**Boro + Zinco +  
Ácido Húmico**

Usina Cururipi – Iturama MG

**Controle**



# Ácidos Húmicos e Fúlvicos

Fontes Naturais	(%) de ácidos Húmicos e Fúlvicos
Leonardita	85-91
Turfa	10 - 20
Carvão Marron	10 - 30
Esterco Bovino	5 - 15
Composto Orgânico	2 - 5
Solo	1 - 5
Lodo de Esgoto	1 - 5
Carvão Preto	0 - 1



# Plantio

## ✓ Plantio Manual

Vale, 2011



## ✓ Plantio Mecanizado



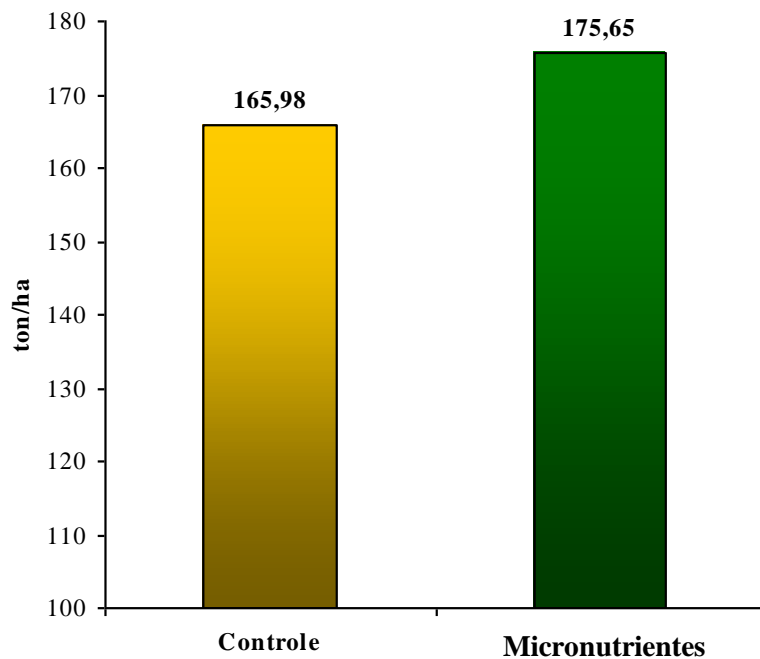
# Via Tolete – Resultado de Aplicação

## Potirendaba - SP

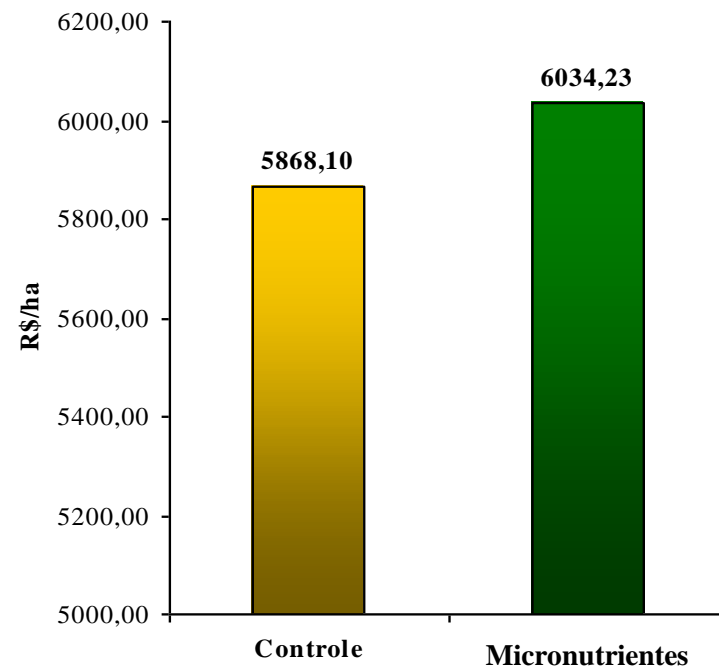
	B	Mo	Zn	Cu	S
Tratamentos	..... (Kg/ha).....				
Controle	-	-	-	-	-
Sal + Ag. quelatizante	0,35	0,14	0,77	0,32	0,7

Vitti, 2007

Tonelada de Cana/ha



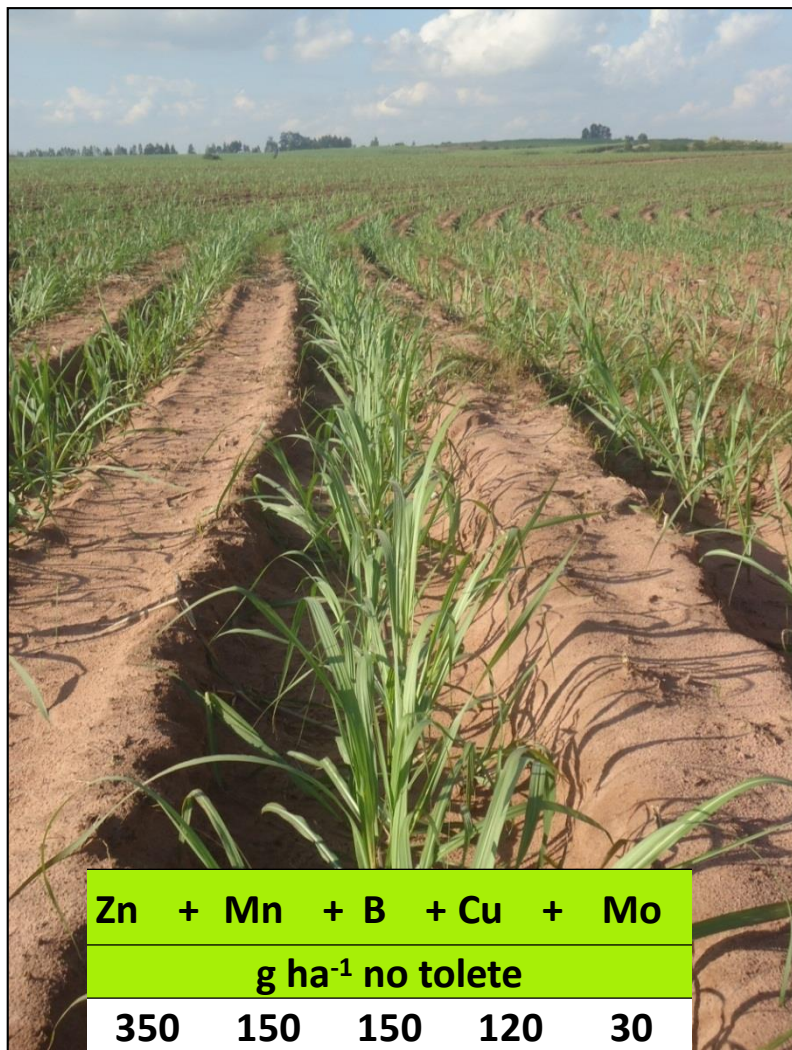
Receita Líquida em R\$/ha





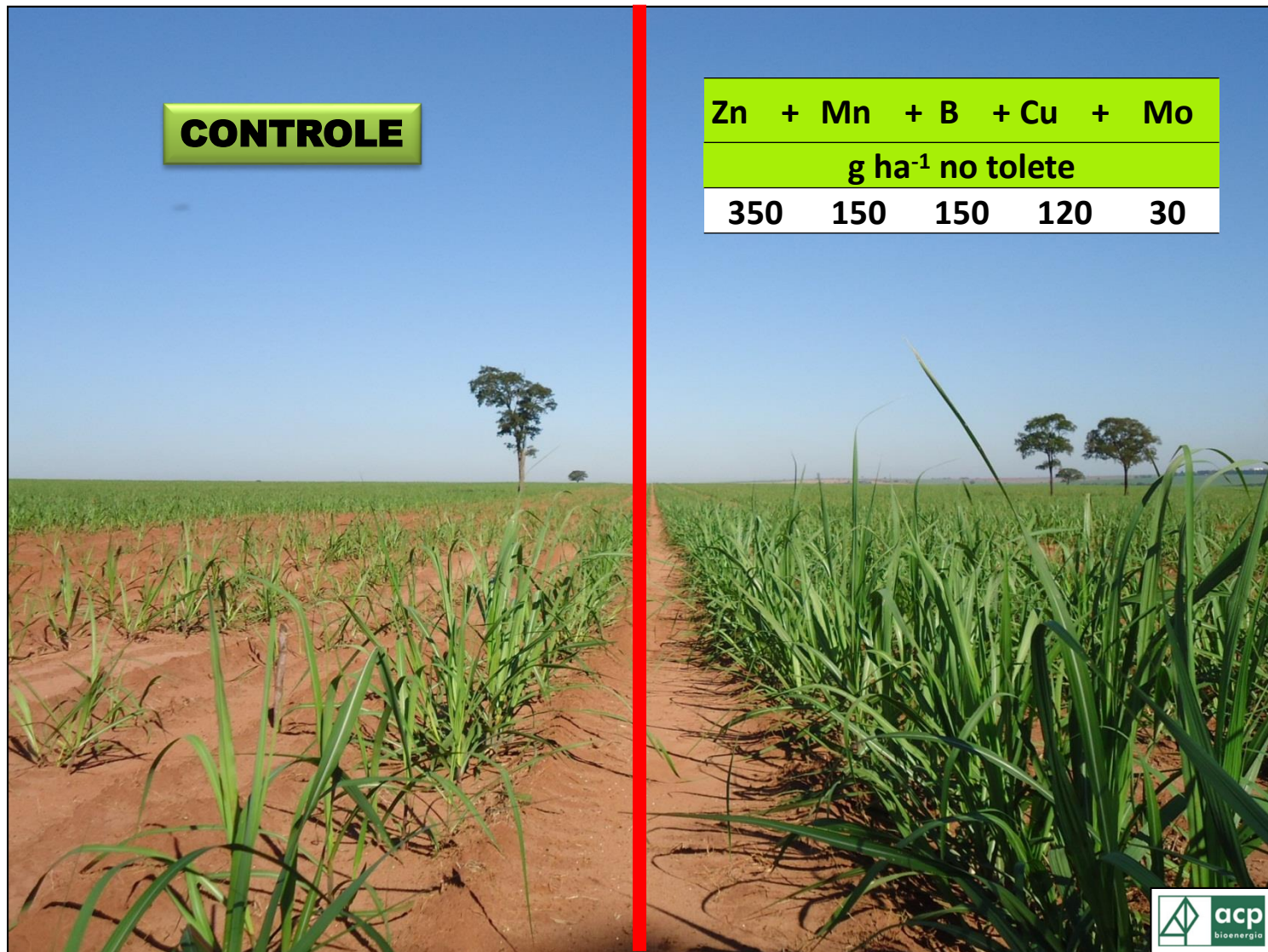
# Avaliação 60 DAP

## Raízen Piracicaba



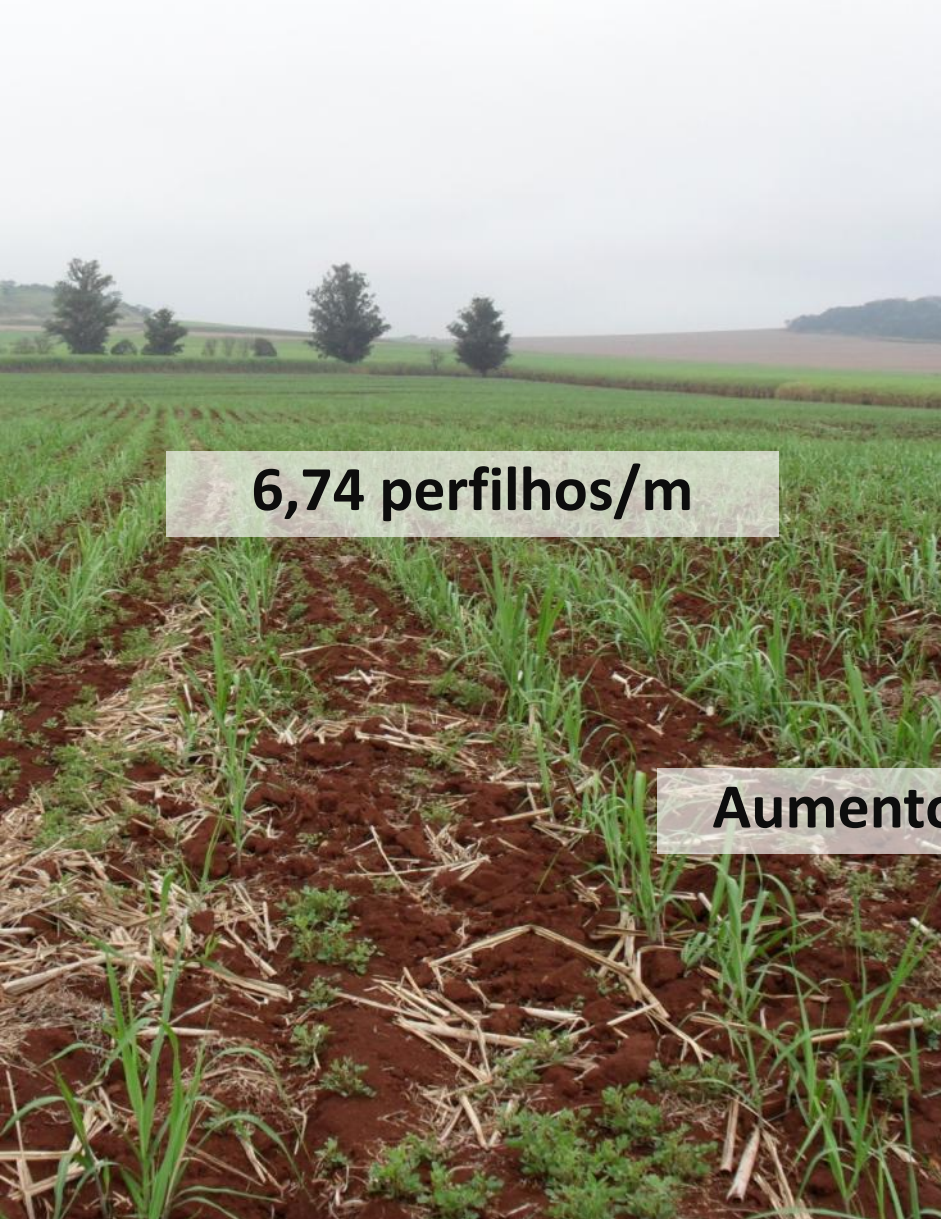


# Comparativo 65 DAP





## SEM MICRO COMPLETO

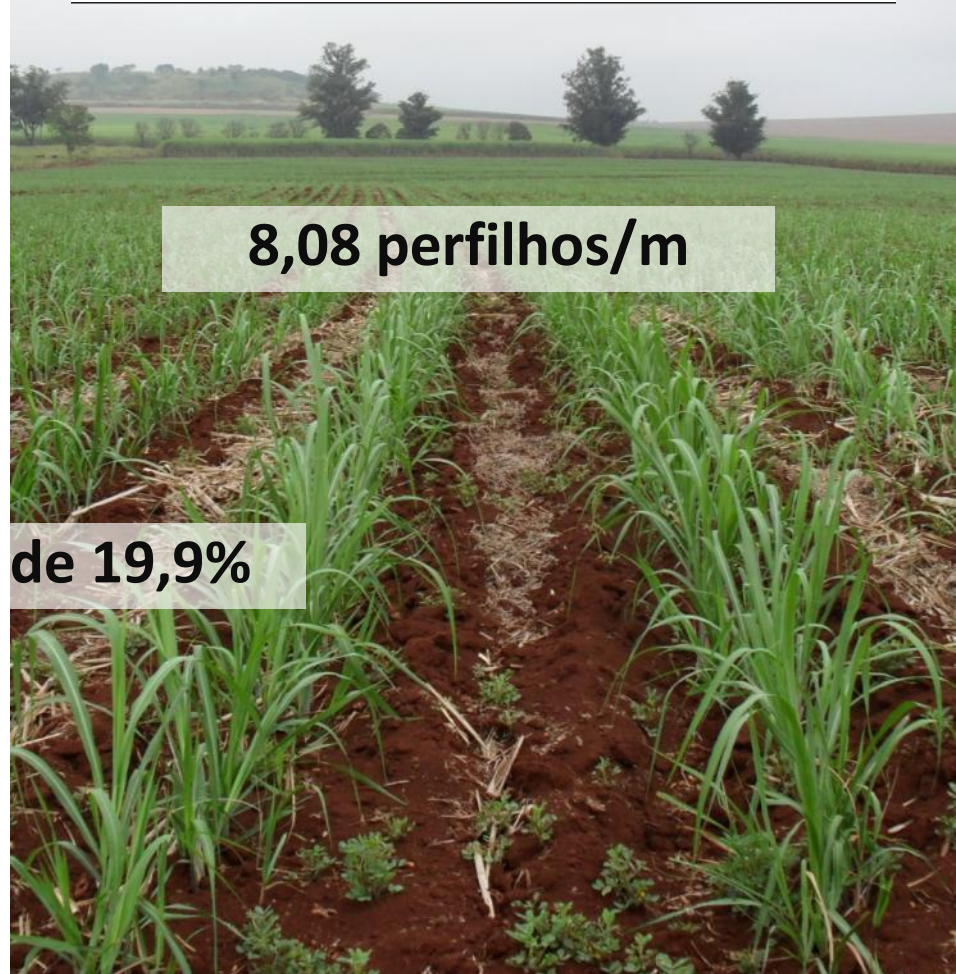


6,74 perfilhos/m

Aumento de 19,9%

## MICRO NO TOLETE

Zn	+	Mn	+	B	+	Cu	+	Mo	Ác. Fúlvico
g ha <sup>-1</sup> no tolete									
360		120		120		120		32	280



8,08 perfilhos/m



# CONTROLE

# MICRONUTRIENTES VIA TOLETE

Zn	+	Mn	+	B	+	Cu	+	Mo	Ác. Fúlvico
g ha <sup>-1</sup> no tolete									
360		120		120		120		32	280

Município: Colina, SP,  
Proprietário: Família Baldo  
30/08/2013



Zn + Mn + B + Cu + Mo	Ác. Fúlvico
g ha <sup>-1</sup> no tolete	
360	280



Fazenda Sertãozinho – Rio das Pedras SP (Bertoloti, S)





**Sem tratar**



**Micro no Tolete**

**(Bertoloti, S – Evandro Piedade do Amaral – Anhembi SP)**



# Métodos de Aplicação

## Via Foliar

✓ *Corretiva, Rápida e Curta duração*



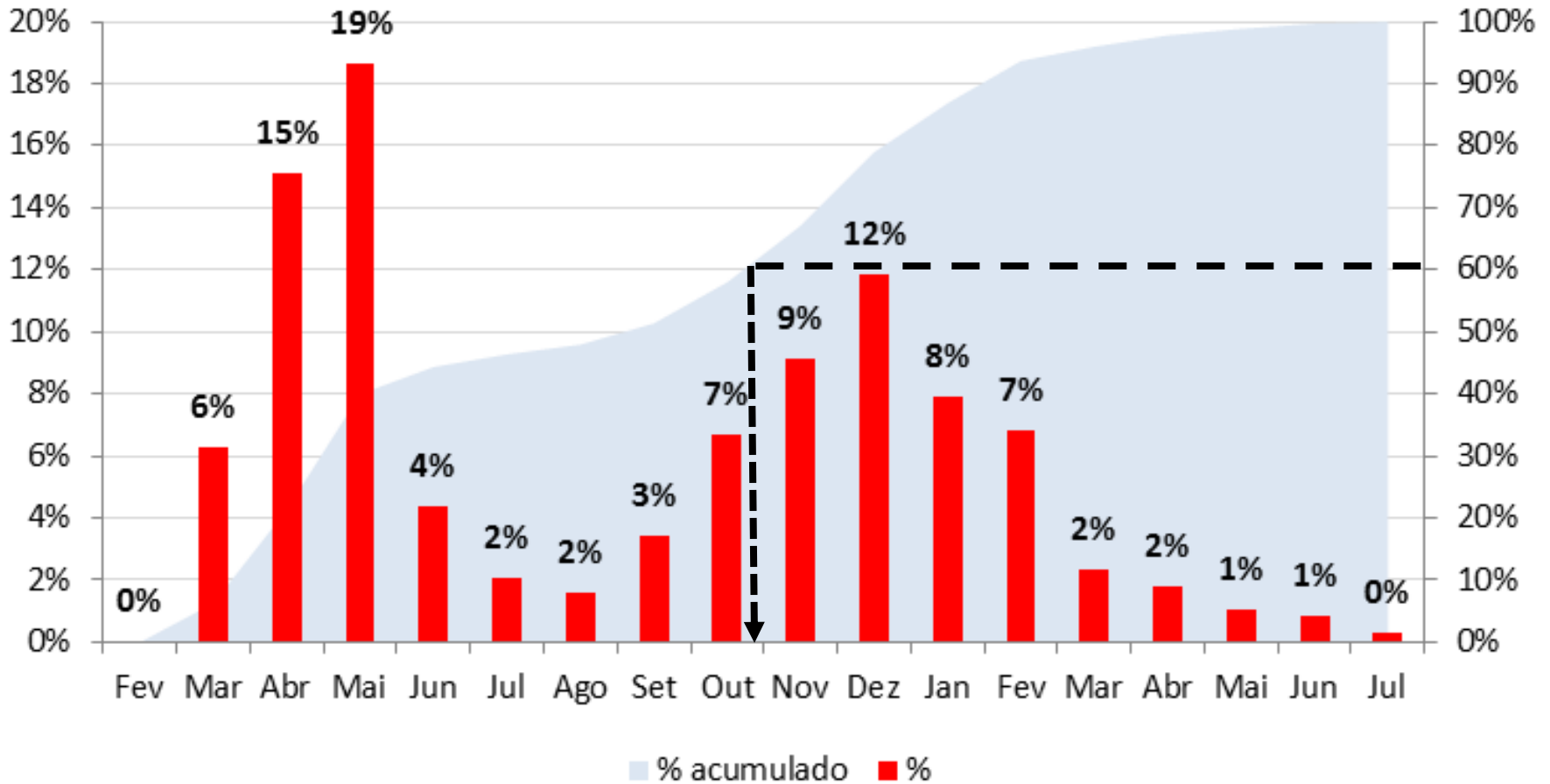
# Aducação Foliar

- **Época de Aplicação**  
**Outubro a meados de Janeiro**  
**(anteceder o período de máximo crescimento vegetativo)**
- **Sequência de Aplicação**
  - A) Canas para mudas**
  - B) Canas Precoces**
  - C) Canas Médias**



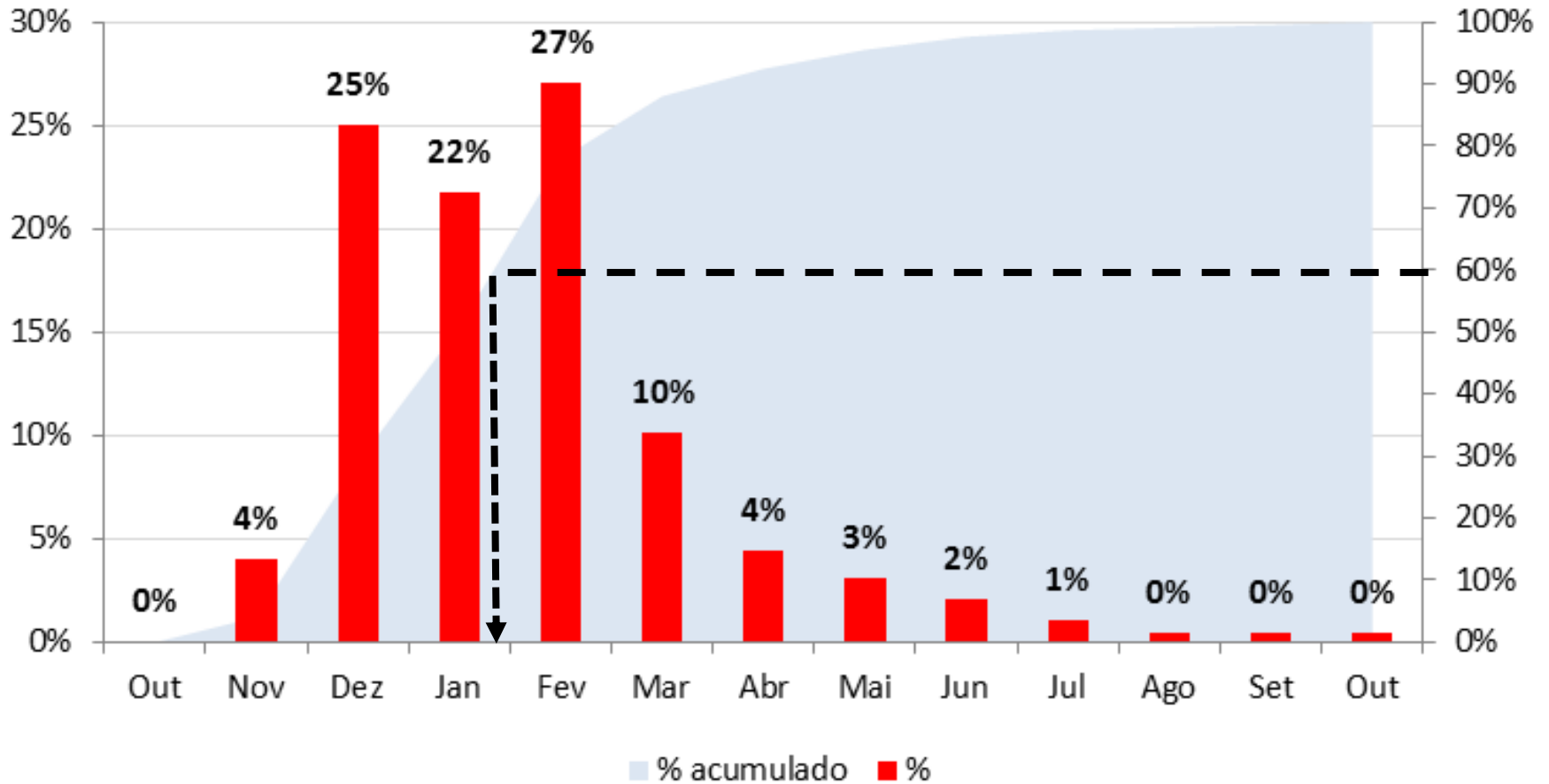
# Acúmulo de Biomassa - Cana-de-Açúcar

## Cana de ano e meio - % de crescimento



# Acúmulo de Biomassa - Cana-de-Açúcar

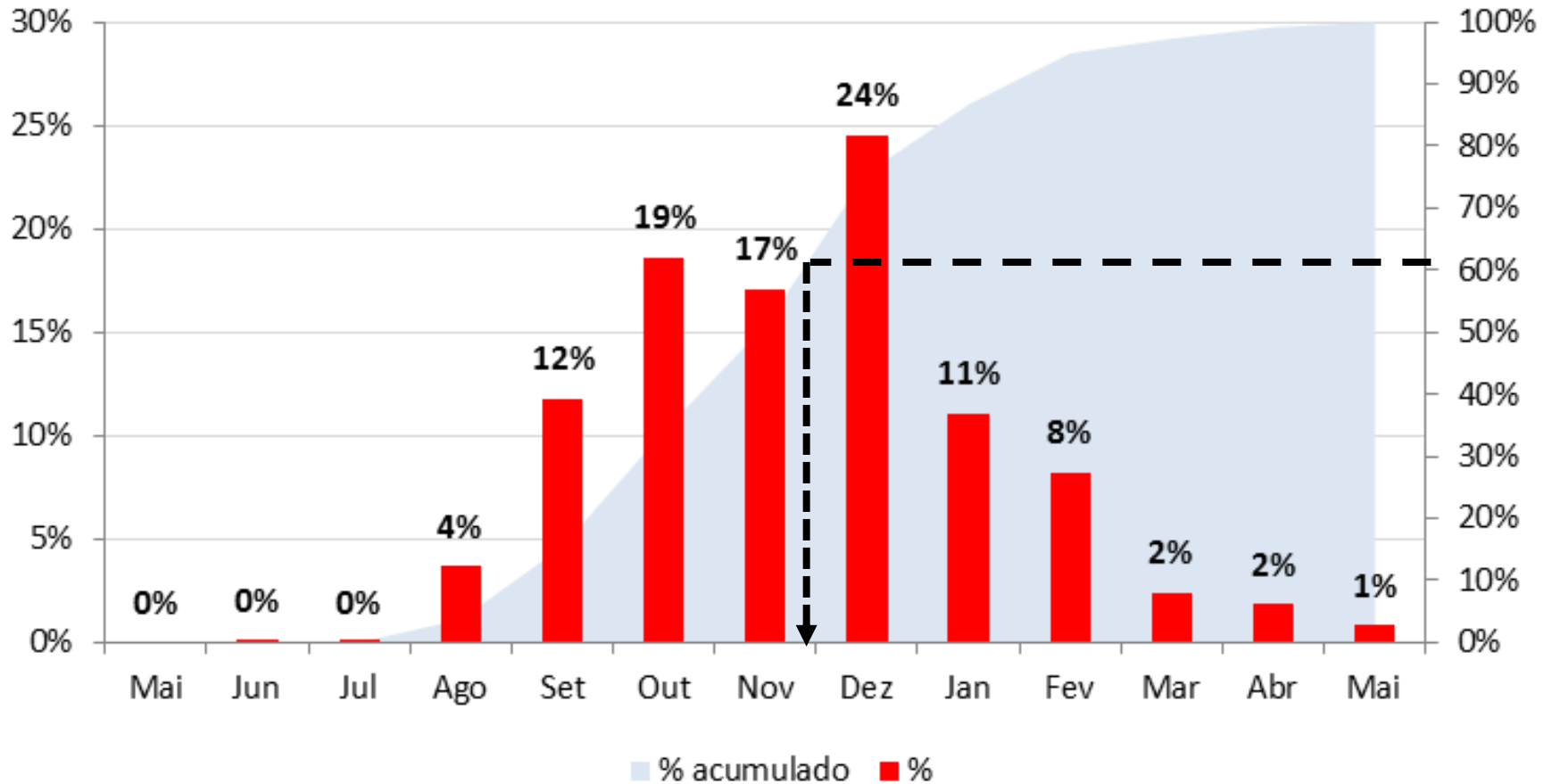
Cana de ano - % de crescimento





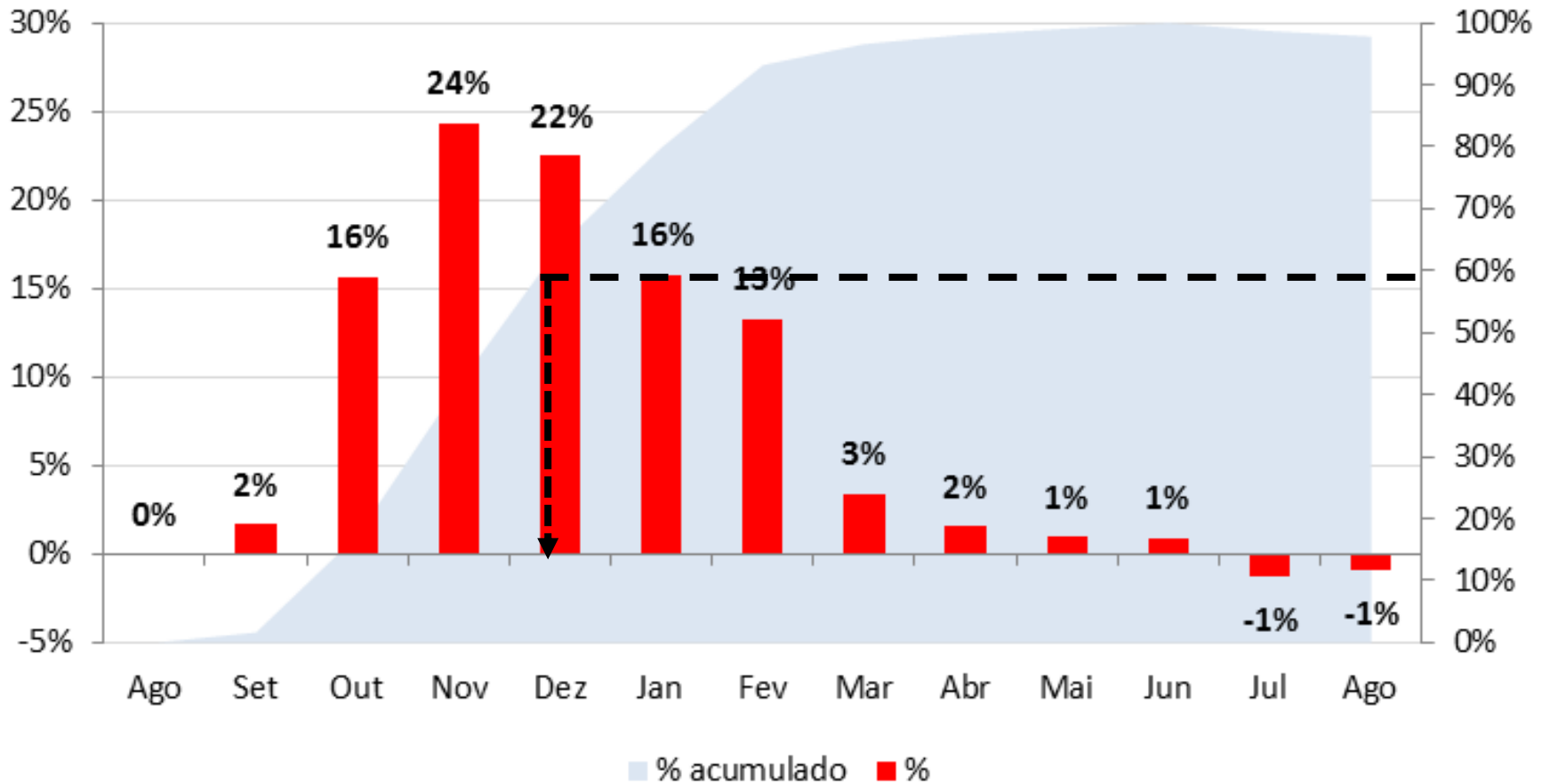
# Acúmulo de Biomassa - Cana-de-Açúcar

Cana soca início de safra - % de crescimento



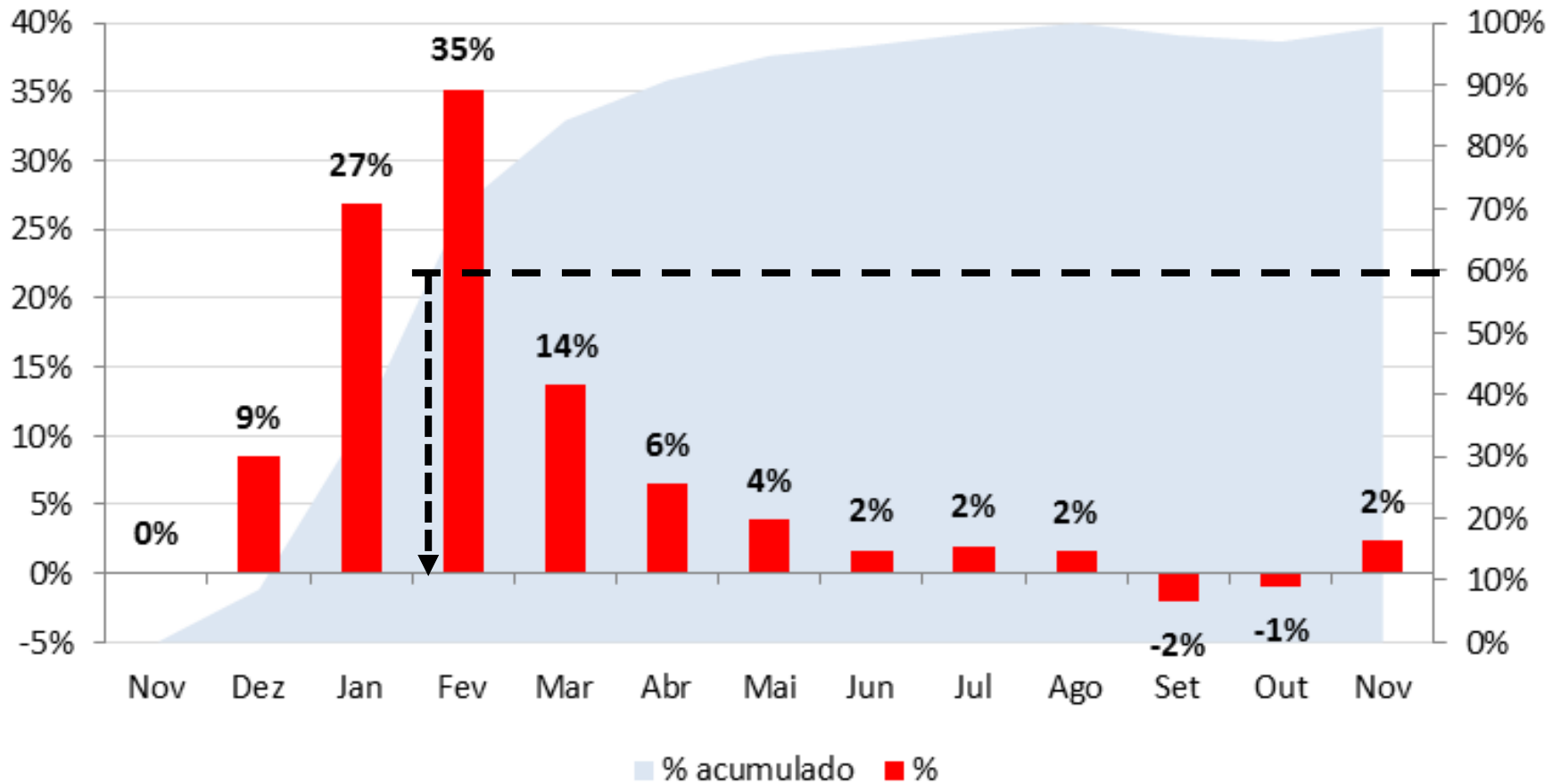
# Acúmulo de Biomassa - Cana-de-Açúcar

Cana soca meio de safra - % de crescimento



# Acúmulo de Biomassa - Cana-de-Açúcar

## Cana soca fim de safra - % de crescimento



**Fórmula 23-00-00 + 0,38% Mo**

**Dose: 55 kg ha<sup>-1</sup>**

**Fonte: Molibdato de sódio**



<b>N</b>	<b>Mo</b>
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	
13	0,2

28 4 2004

CRISÓSTOMO, 2007



# Aplicação Tratorizada



09 12 2012

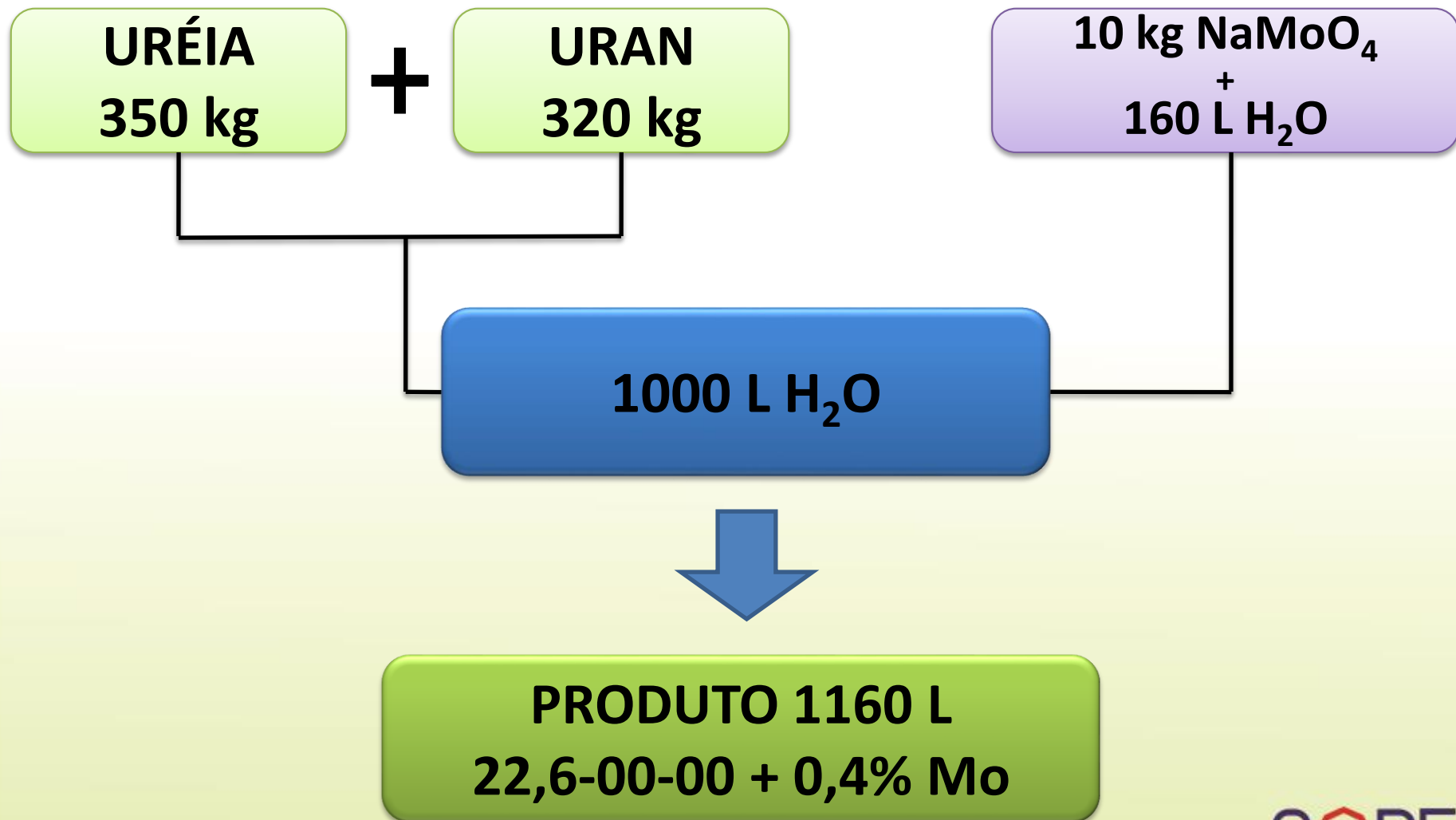
**50% do N-uréia aplicado é absorvido após 1 hora da aplicação e 70% é absorvido após 5 dias da adubação**

**TRIVELLIN**

**CRISÓSTOMO, 2007**



# Fabricação do produto na própria usina



# N + micronutrientes na cana-de-açúcar

- Usina Porto das Águas Chapadão do Céu - GO
- Experimento com 50 L ha<sup>-1</sup> 20-00-00 + 1% Zn + 0,75% Cu + 0,61% B + 0,23% de Mo

N	Zn	Cu	B	Mo
kg ha <sup>-1</sup>				
10	0,5	0,375	0,305	0,115

Vitti, Otto e Ferreira  
(2015)



Tratamento	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Erro-Padrão*
	Variedade SP801816	
Controle	141	7,7
Com adubação foliar	145,2	6,8
Incremento	4,2	
	Variedade SP803280	
Controle	128,4	4,7
Com adubação foliar	139,3	6
Incremento	10,9	
	Variedade IACSP955000	
Controle	109,8	5,6
Com adubação foliar	122,4	5,5
Incremento	12,6	
	Variedade RB855536	
Controle	102,6	5,1
Com adubação foliar	129,9	8,3
Incremento	27,3	
	Variedade RB928064	
Controle	116	4,2
Com adubação foliar	136,6	6,3
Incremento	20,6	

\*Erro-padrão calculado como: Desvio-Padrão/raiz quadrada do número de repetições. Fonte: VITTI, OTTO & FERREIRA, L.R.P. (2015)

Tratamento	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Erro-Padrão*
	Variedade SP801816	
Controle	141	7,7
Com adubação foliar	145,2	6,8
Incremento	4,2	
	Variedade SP803280	
Controle	128,4	4,7
Com adubação foliar	139,3	6
Incremento	10,9	
	Variedade IACSP055000	
Controle		
Com adubação foliar		
Incremento		
	Variedade RB855550	
Controle	102,6	5,1
Com adubação foliar	129,9	8,3
Incremento	27,3	
	Variedade RB928064	
Controle	116	4,2
Com adubação foliar	136,6	6,3
Incremento	20,6	

**Incremento 4,2 a 27,3 t ha<sup>-1</sup>**  
**Incremento médio = 15,1 t ha<sup>-1</sup>**

\*Erro-padrão calculado como: Desvio-Padrão/raiz quadrada do número de repetições. Fonte: VITTI, OTTO & FERREIRA, L.R.P. (2015)

# Aplicação Foliar

- 23-00-00 + 0,22% Mo

50 L ha<sup>-1</sup> fornece:

N	Mo
kg ha <sup>-1</sup>	
12	0,115



- 20-00-00 + 0,19% Mo + 1% Zn, d = 1,21

50 L ha<sup>-1</sup> fornece:

N	Mo	Zn
kg ha <sup>-1</sup>		
10	0,110	0,500

Vitti, 2012



# Formulações

- 23-00-00 + 0,22% Mo + 1,0% Zn + 0,6% B  
(RB 86 7515)

50 L ha<sup>-1</sup> fornece:

N	B	Mo	Zn
kg ha <sup>-1</sup>			
12	0,300	0,115	0,500

- 22-00-00 + 0,22% Mo + 1,0% Zn + 0,4% Cu  
(solos com alta umidade)

50 L ha<sup>-1</sup> fornece:

N	Zn	Mo	Cu
kg ha <sup>-1</sup>			
11	0,5	0,11	0,2

Vitti, 2012





# Conclusão

## I. Cana Planta

- a) Micro no Tolete
- b) Micro no Formulado

## II. Cana Soca

- a) Boro no Herbicida
- b) Micro no Inseticida
- c) Boro no Formulado

## III. Cana Planta e Cana Soca

- ✓ Micro + N via Foliar

# Funções do boro nas plantas

Boro

Estrutura da parede celular

Reprodução das plantas (formação do tubo polínico)

Transporte de açúcares através das membranas

Síntese de ácidos nucleicos (DNA e RNA) e fitohormônios

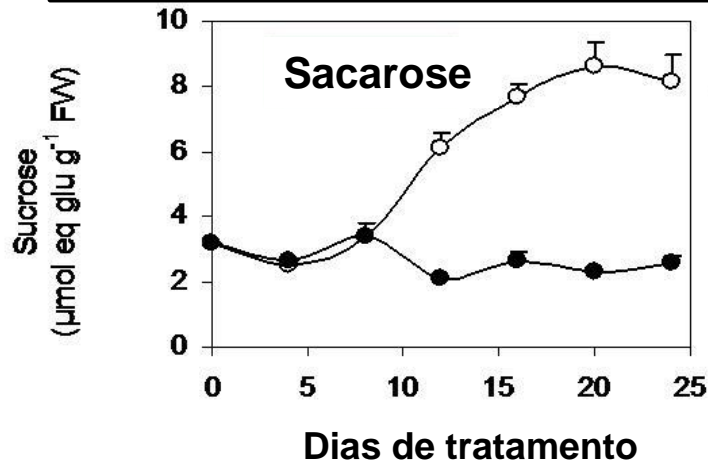
Formação de raízes absorventes

Balanço hormonal (AIA)



(Dechen et al., 1991; Marshner, 1995; Malavolta et al.1997; Epstein & Bloom, 2006)

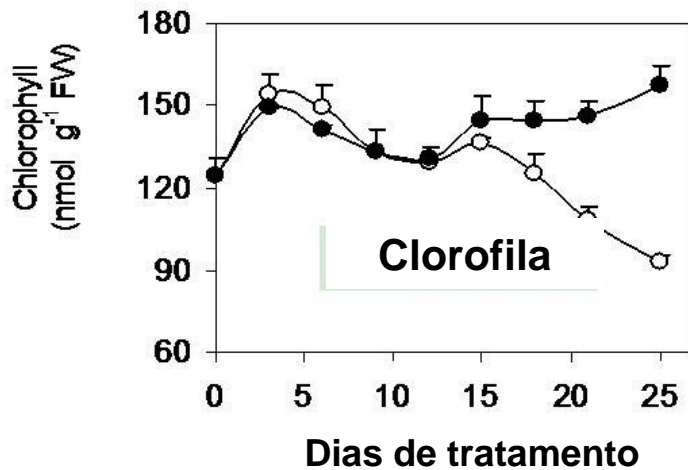
# Mudanças na concentração de clorofila e sacarose na folha durante a deficiência de Mg



Baixo Mg

Beterraba  
açucareira

Adequado Mg

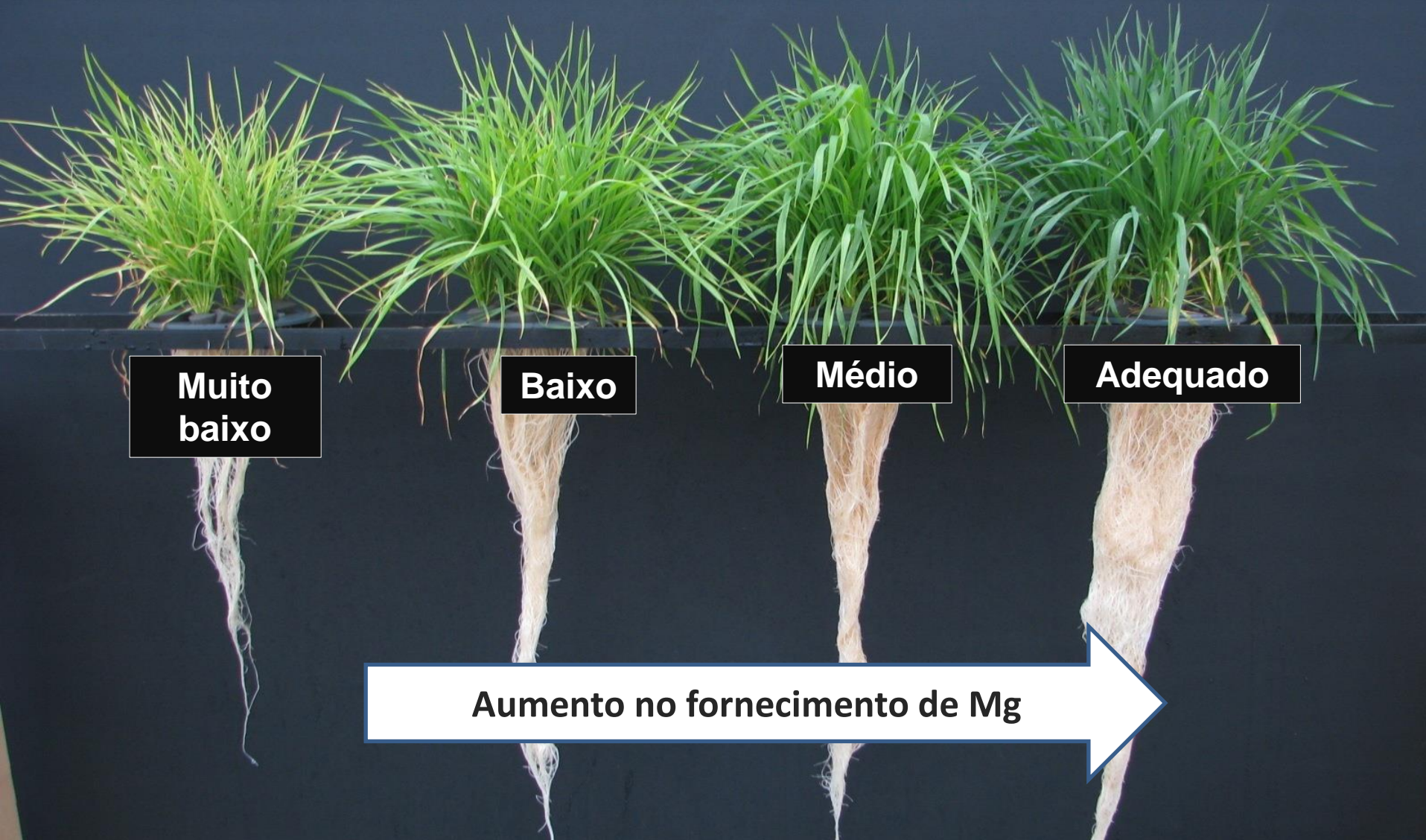


Adequado Mg

Baixo Mg

Hermans et al., 2004 Planta





**Efeito no aumento do fornecimento de Mg  
em parte aérea e raiz no crescimento do  
trigo**



# Boro e magnésio foliar - Ação maturador

Objetivo: aumento de ATR

11% cana precoce e 6% cana média

Época de aplicação: 2 meses antes da colheita (meados de fevereiro)

Dose	
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (17%B)
180 g	1,1 kg

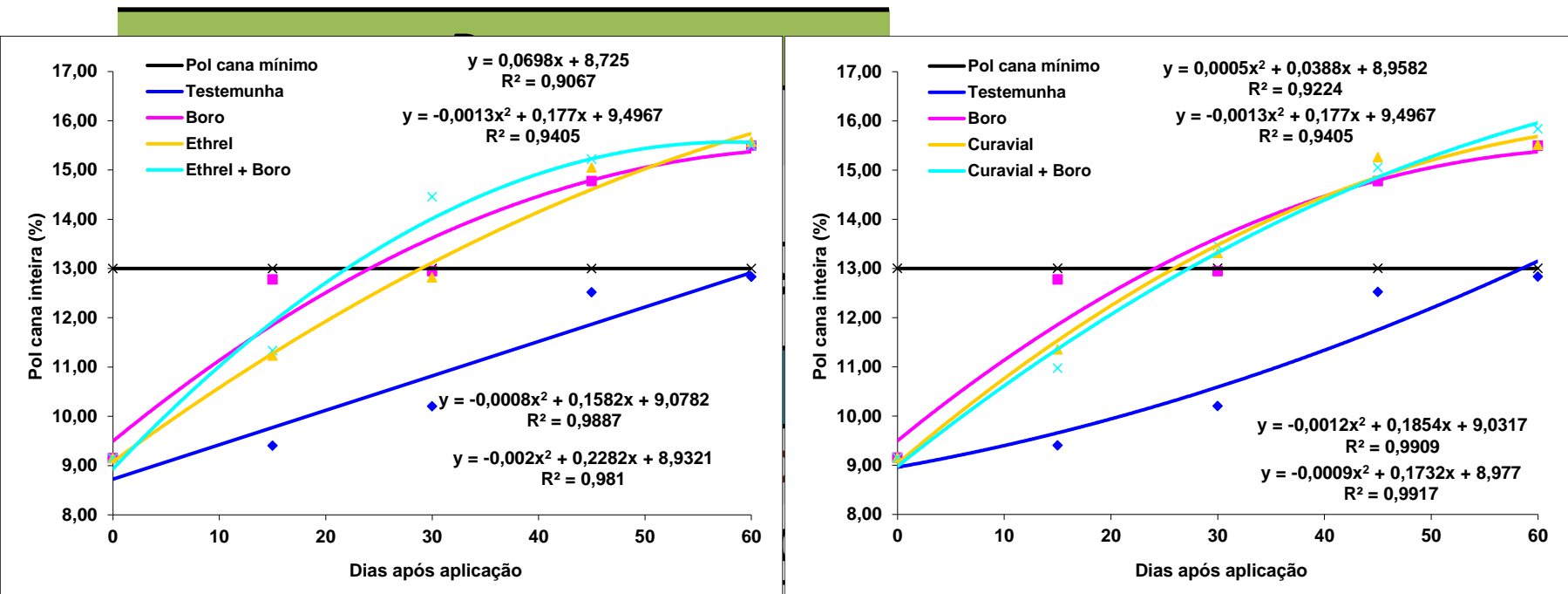
(Crusciol, 2013)

# Boro e magnésio foliar - Ação maturador

Objetivo: aumento de ATR

11% cana precoce e 6% cana média

Época de aplicação: 2 meses antes da colheita (meados de fevereiro)



# Boro e magnésio foliar - Ação maturador

Objetivo: aumento de ATR

11% cana precoce e 6% cana média

Época de aplicação: 2 meses antes da colheita (meados de fevereiro)

Dose	
<b>B</b>	<b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (17%B)</b>
<b>180 g</b>	<b>1,1 kg</b>

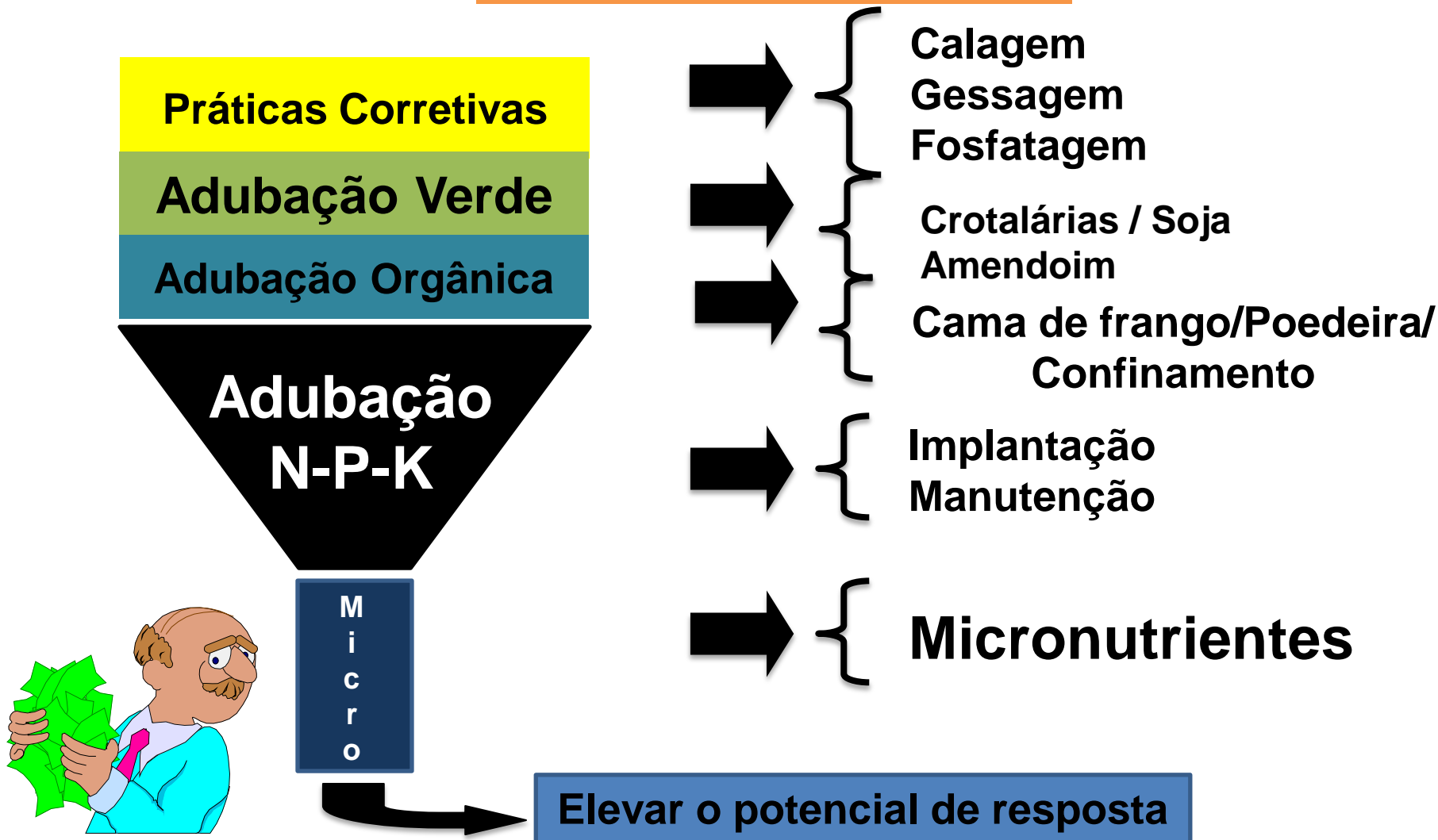
(Crusciol, 2013)

Dose	
<b>Mg</b>	<b>MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O (9%Mg)</b>
<b>1,2 kg</b>	<b>13,0 kg</b>

(Vitti & Otto, 2015)

# RECOMENDAÇÃO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO

## “ESQUEMA DO FUNIL”







[gcvitti@usp.br](mailto:gcvitti@usp.br)

[rotto@usp.br](mailto:rotto@usp.br)

[angeli.mcastanheira@gmail.com](mailto:angeli.mcastanheira@gmail.com)

[gape@usp.br](mailto:gape@usp.br)

[www.gape-esalq.usp.br](http://www.gape-esalq.usp.br)

Tel: (19) 3417-2138



**OBRIGADO**

20 1 2005