



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPTO. DE CIÊNCIA DO SOLO

"Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar"

Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti
Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz



Rio de Janeiro-RJ, 17 de novembro de 2009

Contexto em que vivemos.....

Os dez maiores problemas para a humanidade nos próximos 50 anos

AGRICULTURA BRASILEIRA= Potencial solução dos problemas ?



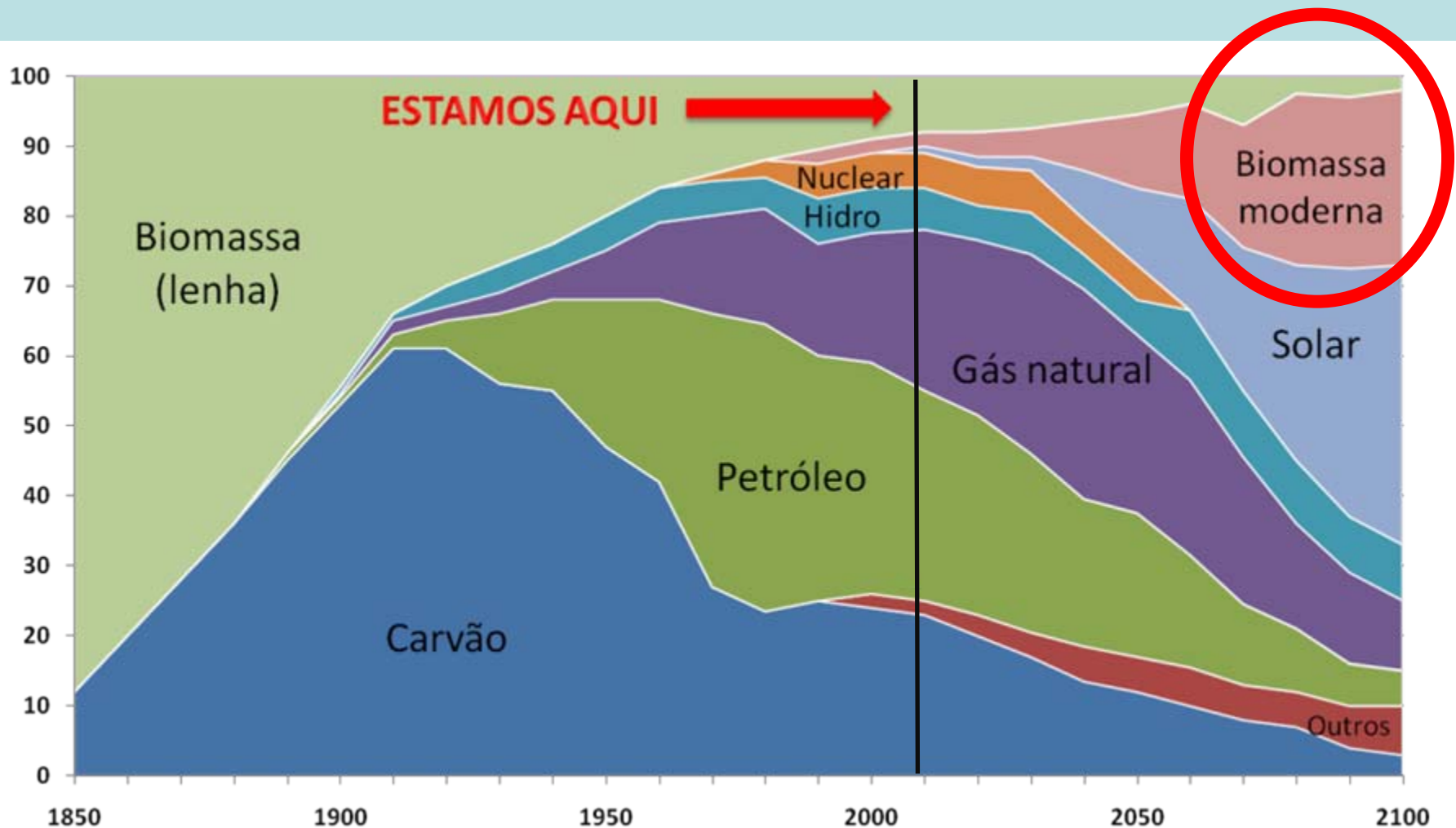
- 1 Energia*
- 2 Água*
- 3 Alimentos*
- 4 Meio ambiente*
- 5 Pobreza*

- 6 Educação*
- 7 Democracia*
- 8 População*
- 9 Doenças*
- 10 Terrorismo & guerra*

* Não existe teoricamente ordem de importância entre os problemas, entretanto alguns estão em maior evidência.

Fonte: Alan MacDiarmid, em São Carlos, SP, abril de 2005

Século XXI: o início de uma nova ERA



Desafio para a humanidade: DIVERSIFICAR AS FONTES DE ENERGIA

Competitividade Mundial

Estados Unidos

Cana-de-açúcar x milho

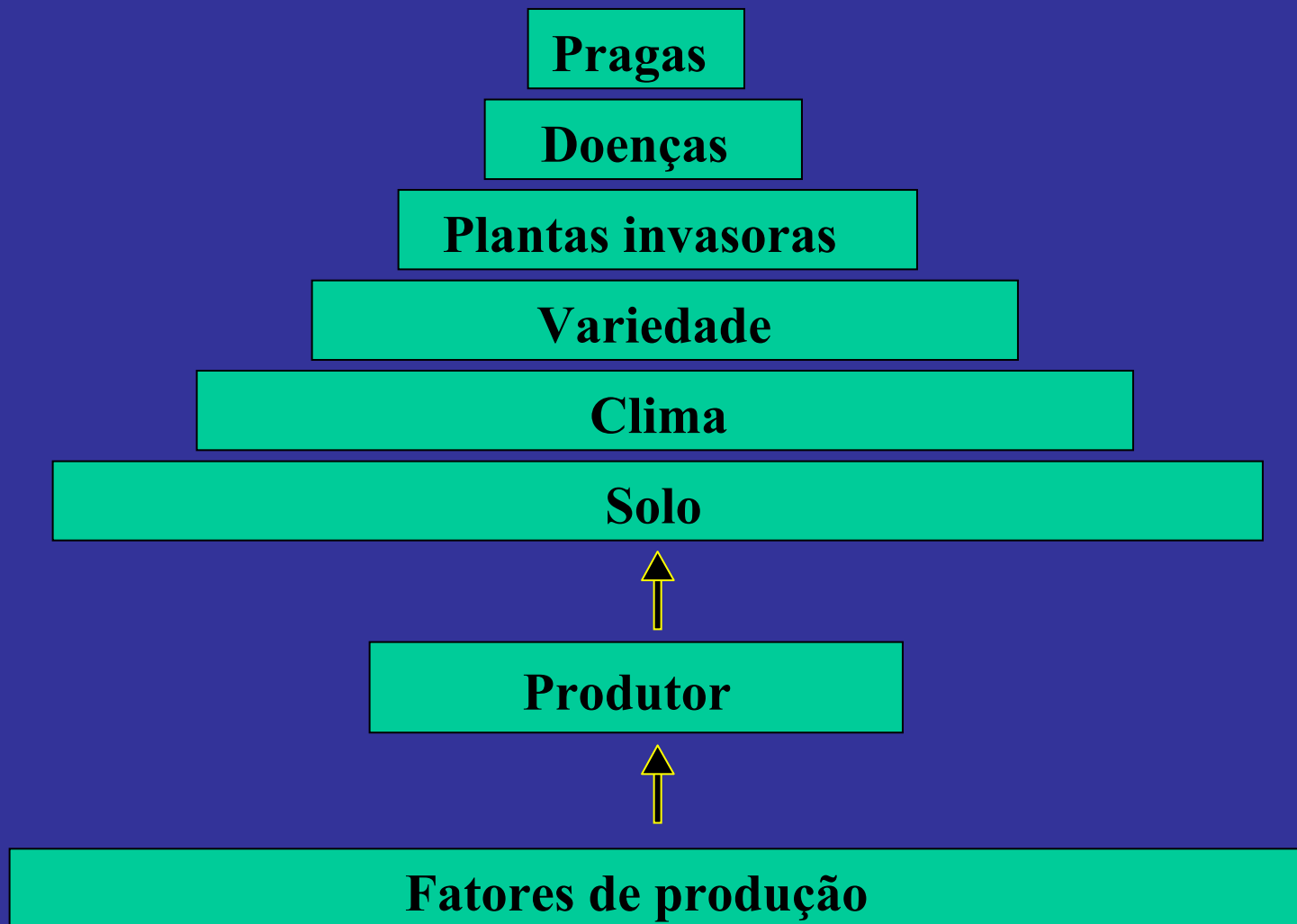
Milho 8t/ha x 543 L = 4.344 L anidro/ha

Cana 80t/ha x 85 L = 6.800 L anidro/ha

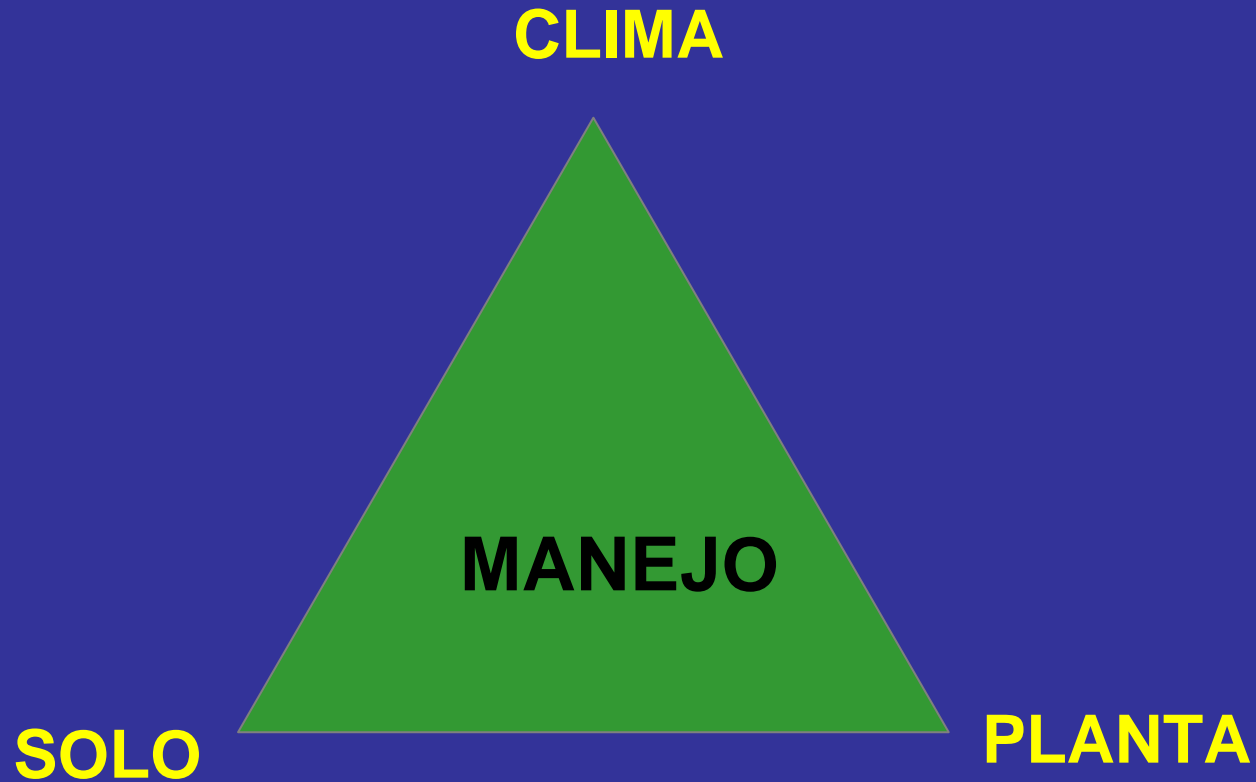
Custo/litro anidro

País	Fonte	Custo (US\$/L)	Redução Gases (%)
Estados Unidos	Milho	0,40	18
Europa	Beterraba	0,76	35
Ásia	Trigo	0,59	47
Brasil	Cana	0,26	91

1.1. Fatores de Produtividade



AMBIENTES DE PRODUÇÃO: CONCEITUAÇÃO



Fatores de Produtividade

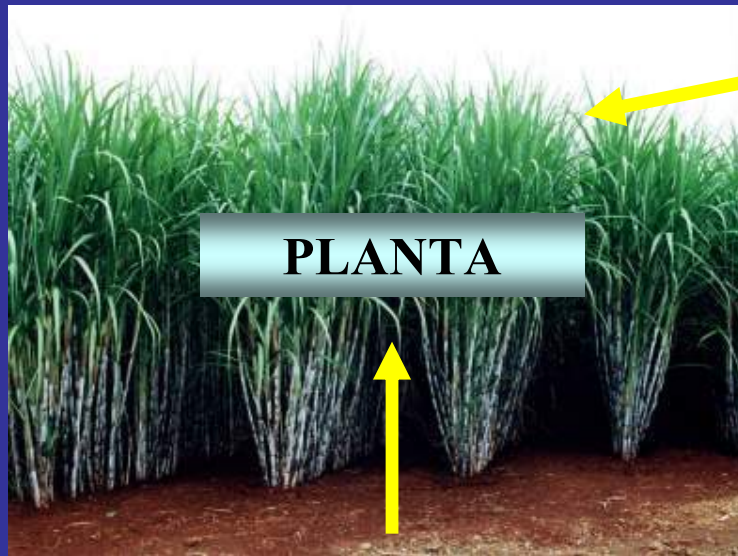
Variedade:

interação ambiente de produção (solo e clima) x variedade

CTC	
Ambientes	TCH médio (4 cortes)
A	> 95
B	90-95
C	85-90
D	80-85
E	< 80

AMBICANA	
Ambientes	TCH médio (5 cortes)
A1	>100
A2	96-100
B1	92-96
B2	88-92
C1	84-88
C2	80-84
D1	76-80
D2	72-76
E1	68-72
E2	<68

1.2. Conceito de adubação



PLANTA

SOLO



FERTILIZANTE

ADUBAÇÃO = PLANTA - SOLO

1.3. Absorção x Competição



CHUVA



ABSORÇÃO



FERTILIZANTE

VOLATILIZAÇÃO

B (H_3BO_3)

N (NH_3), N_2 e N_2O

S (SO_2)

FIXAÇÃO

Cu^{2+} , Mn^{2+} ,
 Zn^{2+} , Fe^{2+} ,
 H_2PO_4^-

SOLO

LIXIVIAÇÃO

$\text{Cl}^- > \text{H}_3\text{BO}_3 > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{MoO}_4^{2-}$

$\text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$

EROSÃO

Todos os
nutrientes

Adubação = (Planta – Solo) x f

f : Eficiência do uso do fertilizante

- Sistemas de plantio
 - **Plantio Direto** ↑
 - **Cultivo Mínimo** ↑
 - **Convencional** ↔
- Práticas conservacionistas;
- Fontes e parcelamento dos nutrientes;
- Aplicação a taxa variável (GPS)
- **Práticas corretivas (calagem, gessagem e fosfatagem)**

Nutriente	Aproveitamento (%)	Fator (f)
N	50 a 60	2,0
P ₂ O ₅	20 a 30	3,0 a 5,0
K ₂ O	70	1,5

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

Plantio Direto em Cana-de-açúcar



PRESERVAÇÃO DO SOLO

12 a 15 toneladas de Matéria Seca por hectare



Fertilização com uréia - Volatilização

Aplicação Superficial

NH₃ SOLO

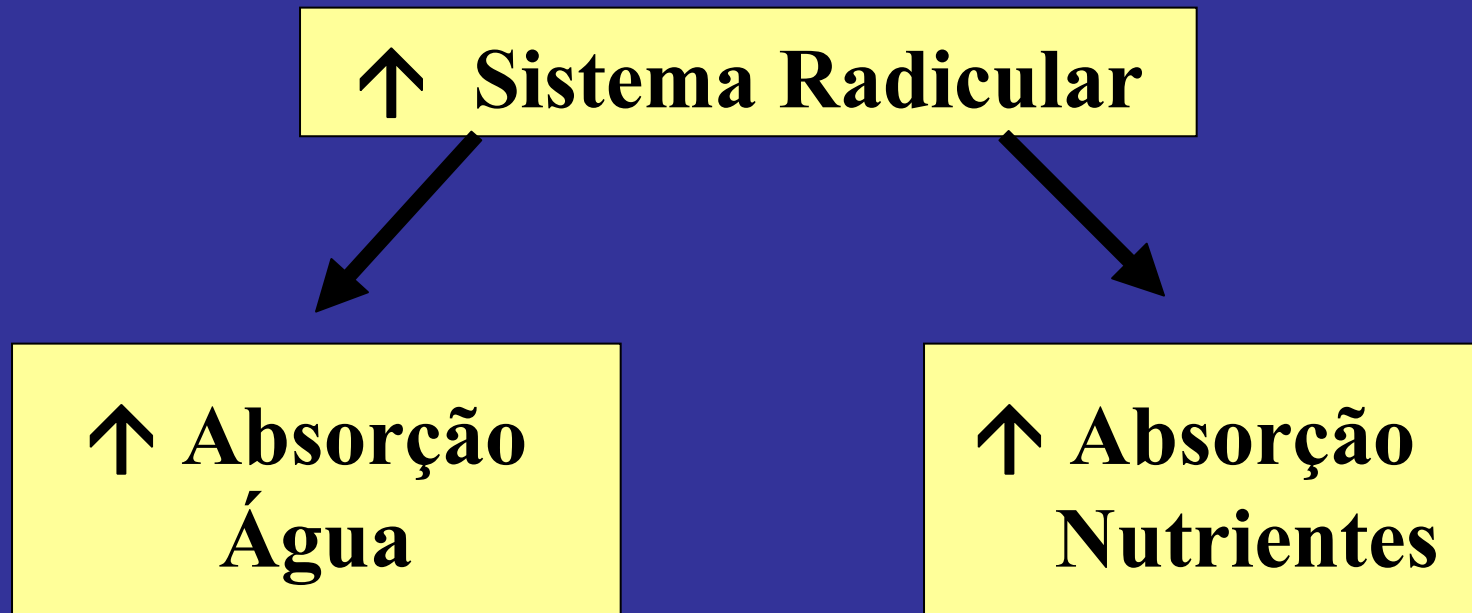
Até 60%



Necessário incorporação – dificuldade pela palha



- **Práticas corretivas** (calagem, gessagem e fosfatagem)





Profundidade de enraizamento de diversas culturas

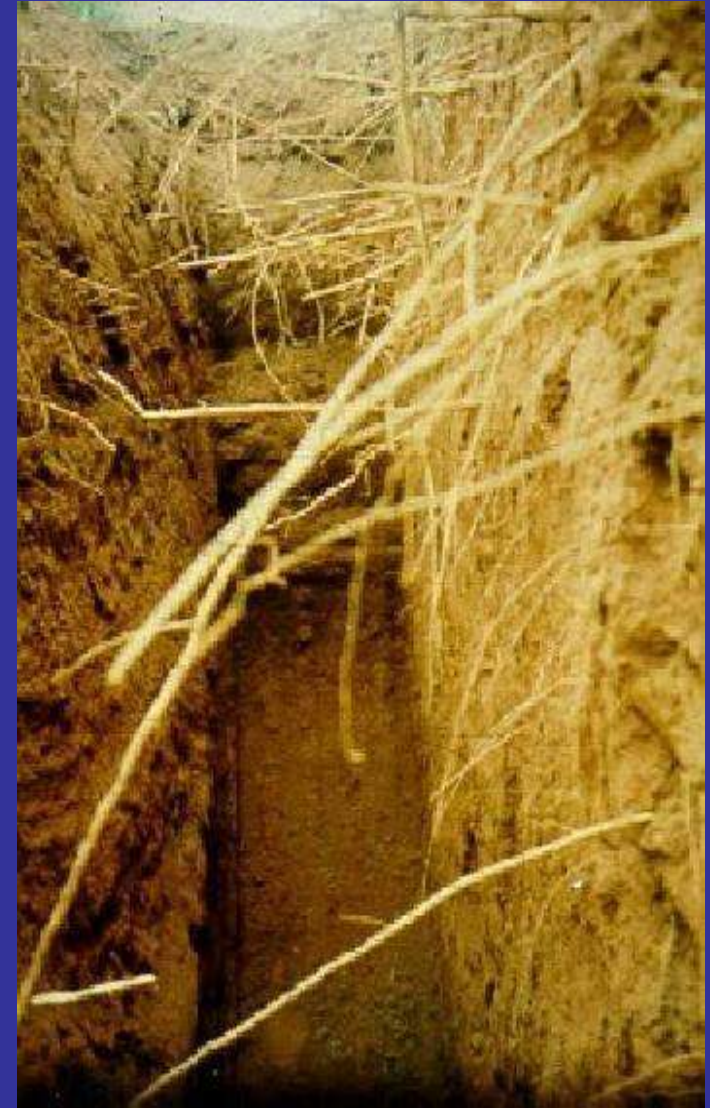
Local	Cultura	Profundidade do Sistema Radicular
Brasil	Milho	20
	Feijão	20
	Cana-de-açúcar	60
Outros Países	Feijão	50 – 70
	Milho	100 – 170
	Cana-de-açúcar	120 – 200

Práticas corretivas

(calagem, gessagem e fosfatagem)



Al x Sistema radicular



Ca x Sistema radicular

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**”

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

(1) CALAGEM

Correlação entre cálcio e desenvolvimento radicular em Latossolo textura média. Ano agrícola 87/88

Profundidade	Teor de cálcio	Quantidade de raiz
cm	cmol_c/dm³	g/dm³
0 - 25	2,10	4,4
26 - 50	1,37	3,0
51 - 75	0,90	2,4
76 - 100	0,82	2,0
101 - 125	0,70	1,8
126 - 150	0,60	1,1

Fonte: Moreli et al. (1987).

Obs.: quantidade de raízes obtida após o primeiro corte

- **34 % das raízes => na primeira camada**
- **39% das raízes => profundidade de 26 a 75 cm**
- **27% das raízes => profundidade de 76 a 150 cm**

Aplicação de calcário e gesso em soqueira de solos de elevada CTC na Usina Passatempo em MS.

Tratamentos			Soqueira			Acréscimo
Calcário	Gesso	P ₂ O ₅	3 corte	4 corte	5 corte	
----- t/ha -----	-----	kg/ha	----- t/ha -----	-----	-----	
0	0	0	52	76	54	
2	0	0	56	85	62	21
2	0	40	60	93	66	37
0	0	40	56	77	55	6
0	3	0	60	90	56	19
0	3	40	60	85	60	18

Instalação: Nov/91 (2 corte); 7/92 (3 corte); 10/93 (4 corte); 10/94 (5 corte)

CTC na faixa de 112 mmol_c.dm⁻³, teor de CA + Mg na faixa de 32 mmolc.dm-3 e V% de 29

- O tratamento calcário e fósforo diferenciou dos demais

1 Benefícios da calagem

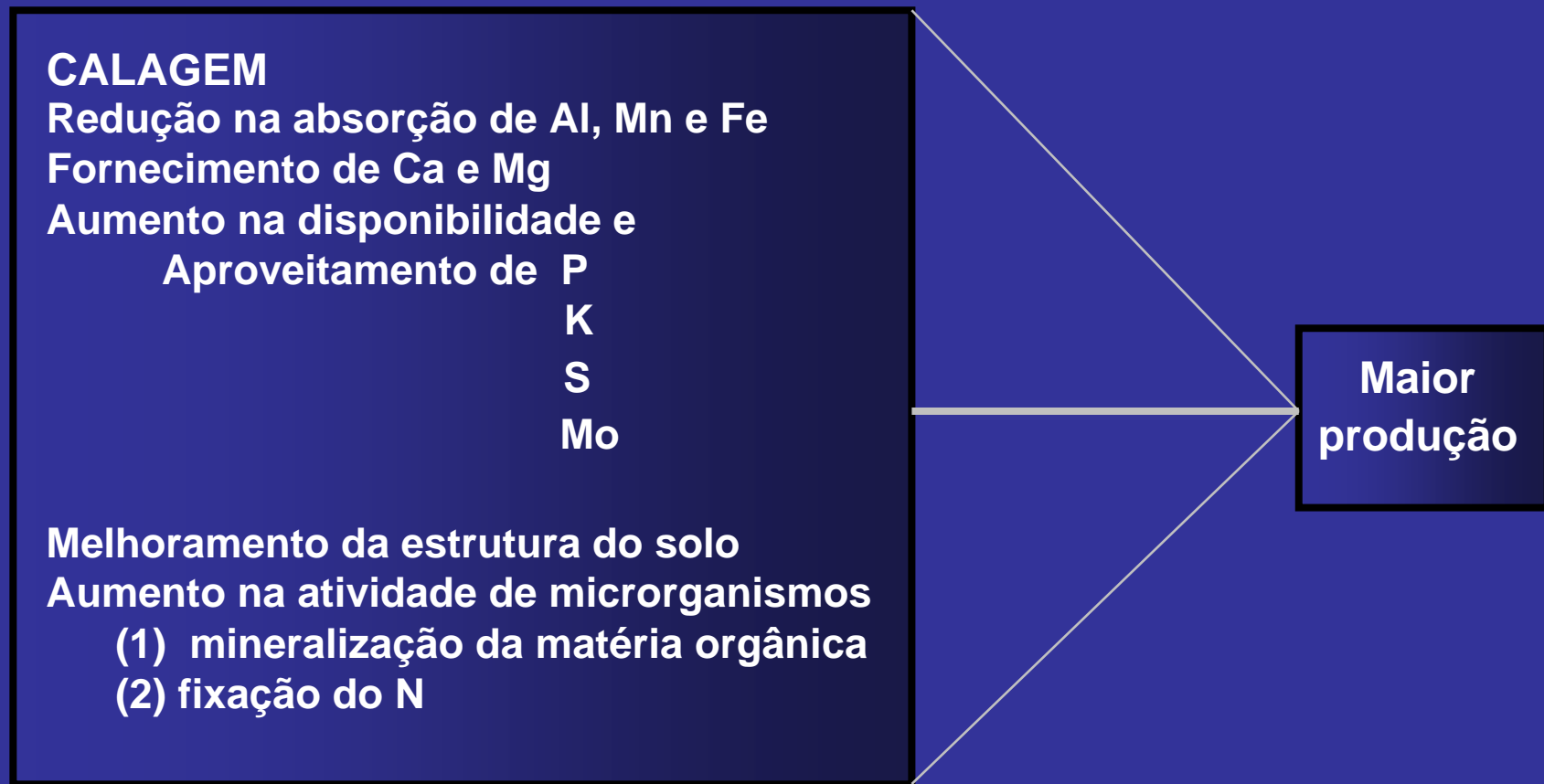


Figura 7. Efeitos da calagem no aumento da produção

(1) Calagem: Reforma do canavial – Cana Planta



(1) Cálculo da necessidade de calagem

I) SATURAÇÃO POR BASES

A) **Cana planta:** VITTI & MAZZA (2002)

$$NC = \frac{(60 - V_1) CTC^{(1)} + (60 - V_1) CTC^{(2)}}{PRNT}$$

NC = t/ha de calcário (0 – 50 cm)

(1) CTC = 0 a 25 cm ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

(2) CTC = 25 a 50 cm ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

(1) Cálculo da necessidade de calagem

II) MÉTODO DO Ca E Mg (COPERSUCAR)

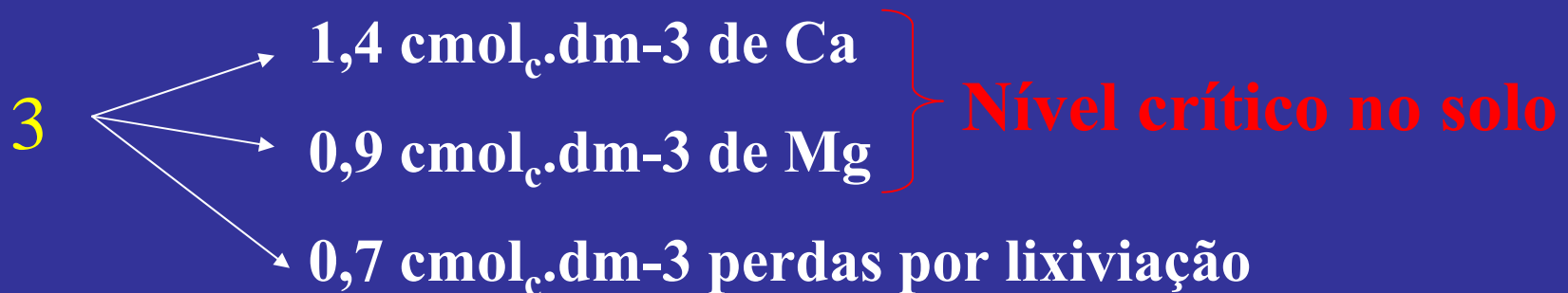
Cana planta: solos muito arenosos; ($\text{CTC} \leq 3,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

$$\text{NC} = \frac{3 - (\text{Ca} + \text{Mg})}{\text{PRNT}}$$

NC = t/ha de calcário (0 – 20 cm)

Ca + Mg ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

Em solos muito arenosos aplicar as 2 fórmulas (V% nas duas camadas e Ca + Mg na camada superficial) utilizando a que apresentar maior valor.





Calagem – cana soca



(1) Necessidade de calagem (0 – 20 cm ou 0 - 25 cm)

I) SATURAÇÃO POR BASES

D) **Cana-soca:** (VITTI & MAZZA, 1998)

$$NC = \frac{(60 - V_1) \times CTC}{PRNT}$$

Cana soca

CTC está expressa em cmolc.dm^{-3}

II) Critério do Ca + Mg (COPERSUCAR)

$$NC = \left[\frac{3 - (Ca + Mg)}{PRNT} \right]$$

Ca e Mg expresso em cmolc.dm^{-3}

OBS: Usar critério que apresentar maior dose em solos muito arenosos
Dose máxima = 3,0 t/ha

Fatores de sucesso na calagem

*Porcentagem de Ca e Mg do solo

Porcentagem de saturação de K, Mg e Ca em relação ao valor T do solo, na faixa de V% mais adequada

V%	K%T	Mg%T	Ca%T
50	4	11	35
60	5	15	40
70	5	16	48

Dispersão crescente (Compactação)



Agregação crescente (Floculação)

(2) GESSAGEM

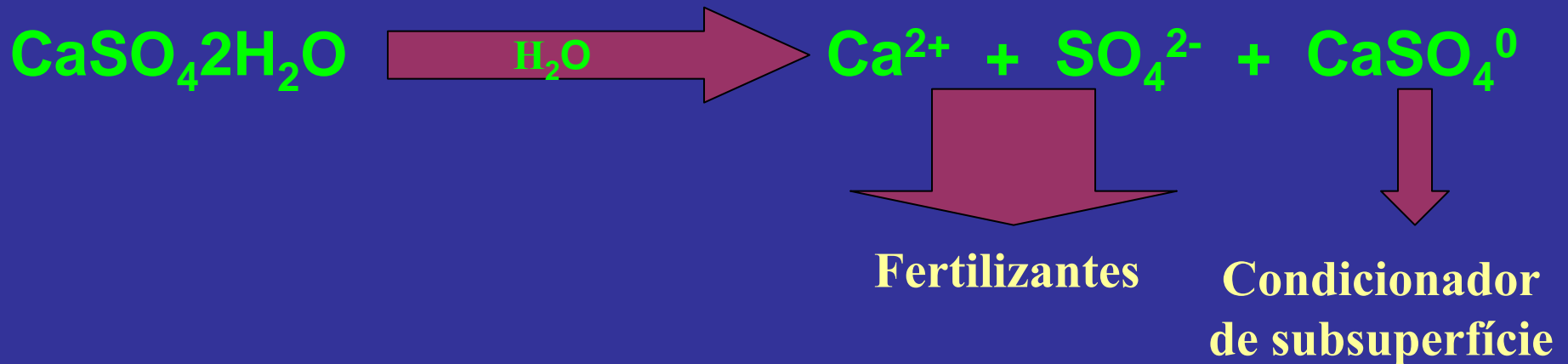
(2) Aplicação do gesso Agrícola – Cana soca



(2) GESSO AGRÍCOLA (“FOSFOGESSO”)(

Comportamento do gesso no solo

A) Dissociação

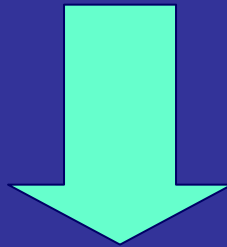


(2) GESSO AGRÍCOLA (“FOSFOGESSO”)

Comportamento do gesso no solo

B) Correspondência entre o gesso aplicado e os teores de Ca no solo

1 t /ha Gesso Agrícola (17% umidade)



5,0 mmol_c Ca / dm⁻³ ou 0,5 cmol_c Ca / dm⁻³

200 kg/ha de Ca = 260 kg/ha de CaO

150 kg/ha de S

(2) EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA

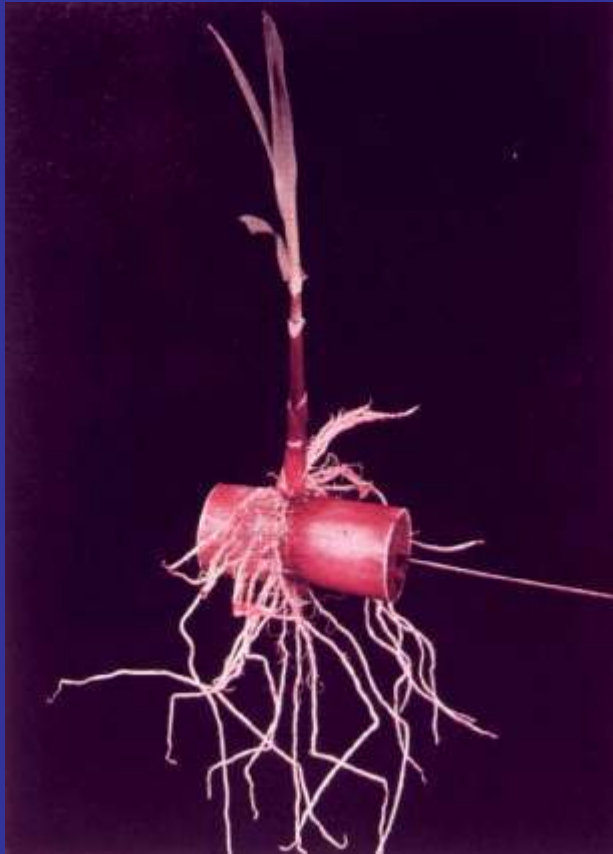
(2.1.) Efeito fertilizante

(2.2.) Recuperação de solos com excesso de K e Na

(2.3.) Condicionador de subsuperfície

(2.4.) Condicionador de esterco

(2.1) Efeito Fertilizante – Fonte de Enxofre



(2) EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA

Efeito fertilizante - **Fonte de enxofre**

b) Recomendações

Dose  1000 kg.ha⁻¹ de gesso agrícola



150 kg.ha⁻¹ de S



Nº de cortes: 2,5 a 3,0 (50 kg/ha de S por corte)

Quando ?

S < 15 mg.dm⁻³

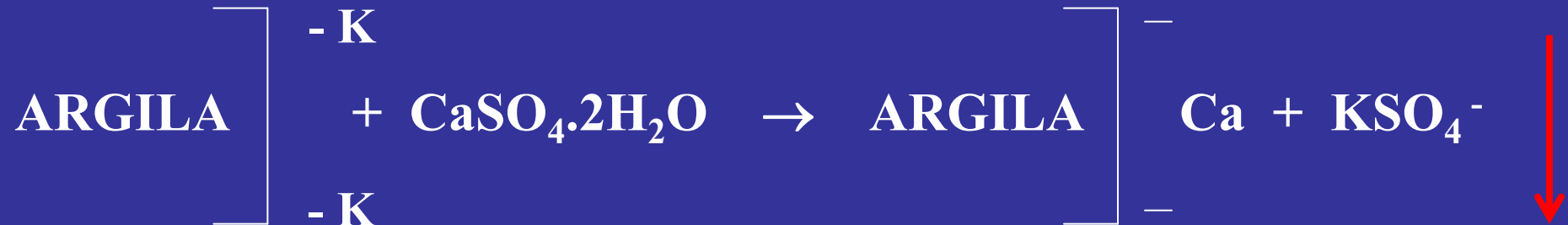
→ Área de expansão (0-25 cm)
→ Área de reforma (25-50 cm)

(2) GESSO AGRÍCOLA (“FOSFOGESSO”)

(2.3) Recuperação de áreas com excesso de vinhaça

(alto K)

Reação:



*Solo com excesso
de vinhaça*

Lavagem

(2) EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA

(2.2) Recuperação de solos com excesso de K e Na

Normal

$K\%T = 14 \longrightarrow 05$

$Mg\%T = 08 \longrightarrow 15$

$Ca\%T = 22 \longrightarrow 40$



$$K\% T \geq 7$$



$$NG = (2,15 \times K) \times 1,7$$

K da camada 0-25 cm, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.



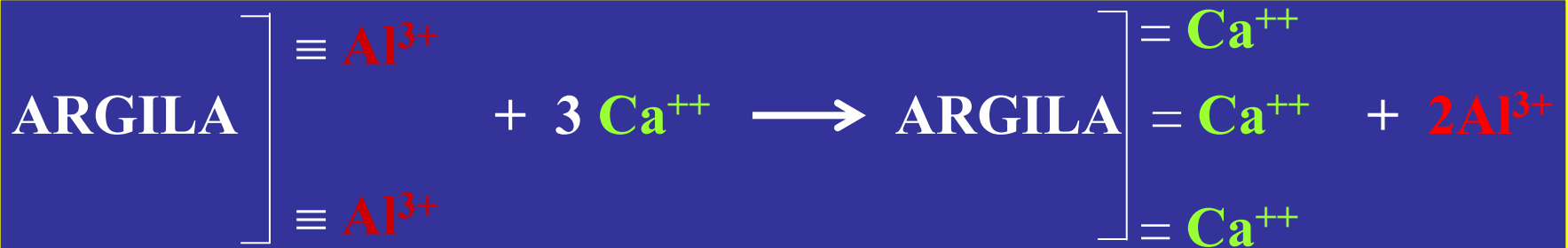
(2) EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA(

(2.3) CONDICIONADOR DE SUB-SUPERFÍCIE

Solos com horizonte B

Distrófico ($V < 50\%$)

Álico ($m = \left[\frac{\text{Al}}{\text{Al} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}} \times 100 \right] > 50$)

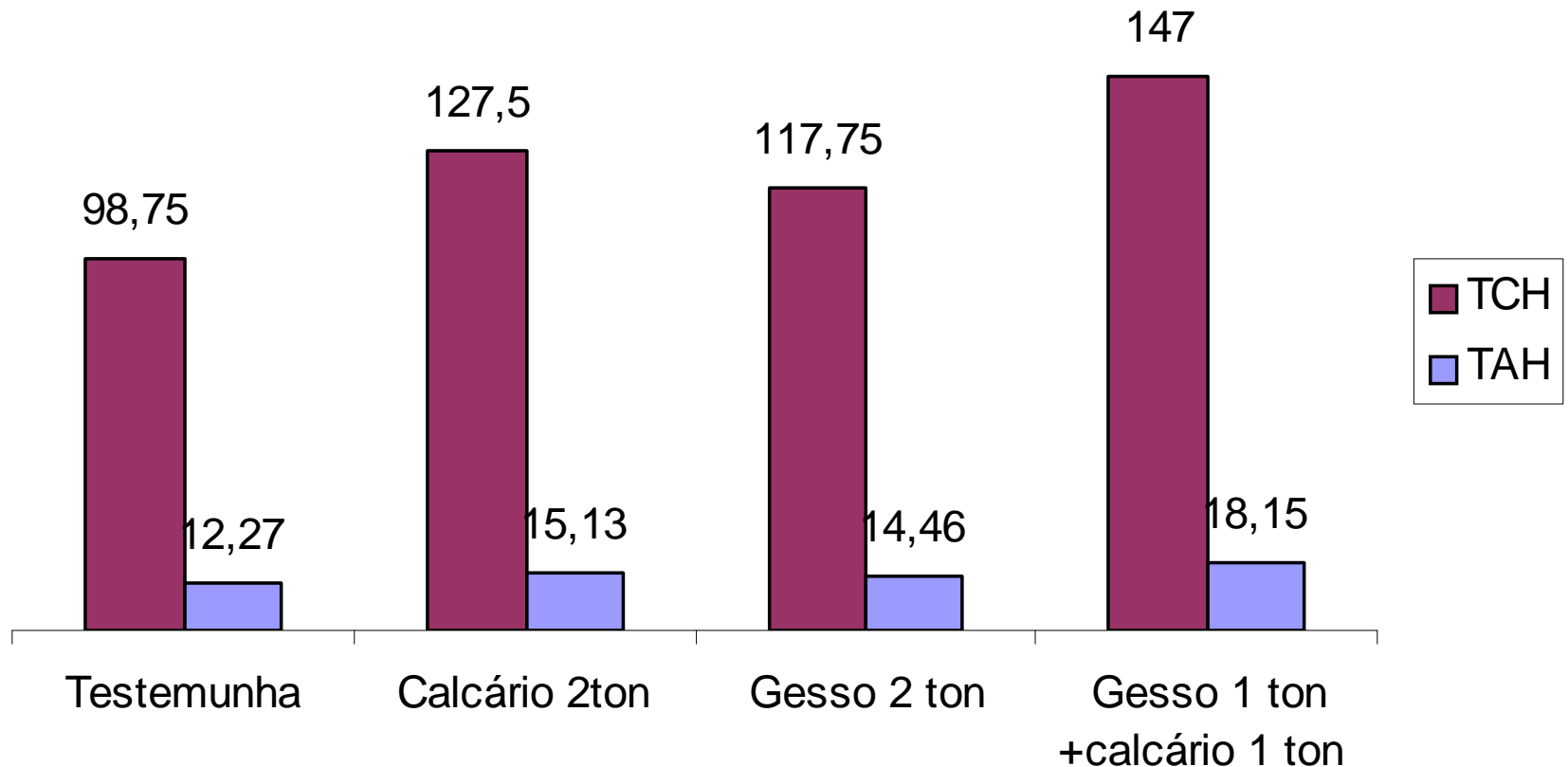


(Não tóxico)

(2) Resultados com o uso de gesso (cana-planta)

- Produção em t ha⁻¹ na cana planta (LVd) m = 80% e Argila > 70% - PE

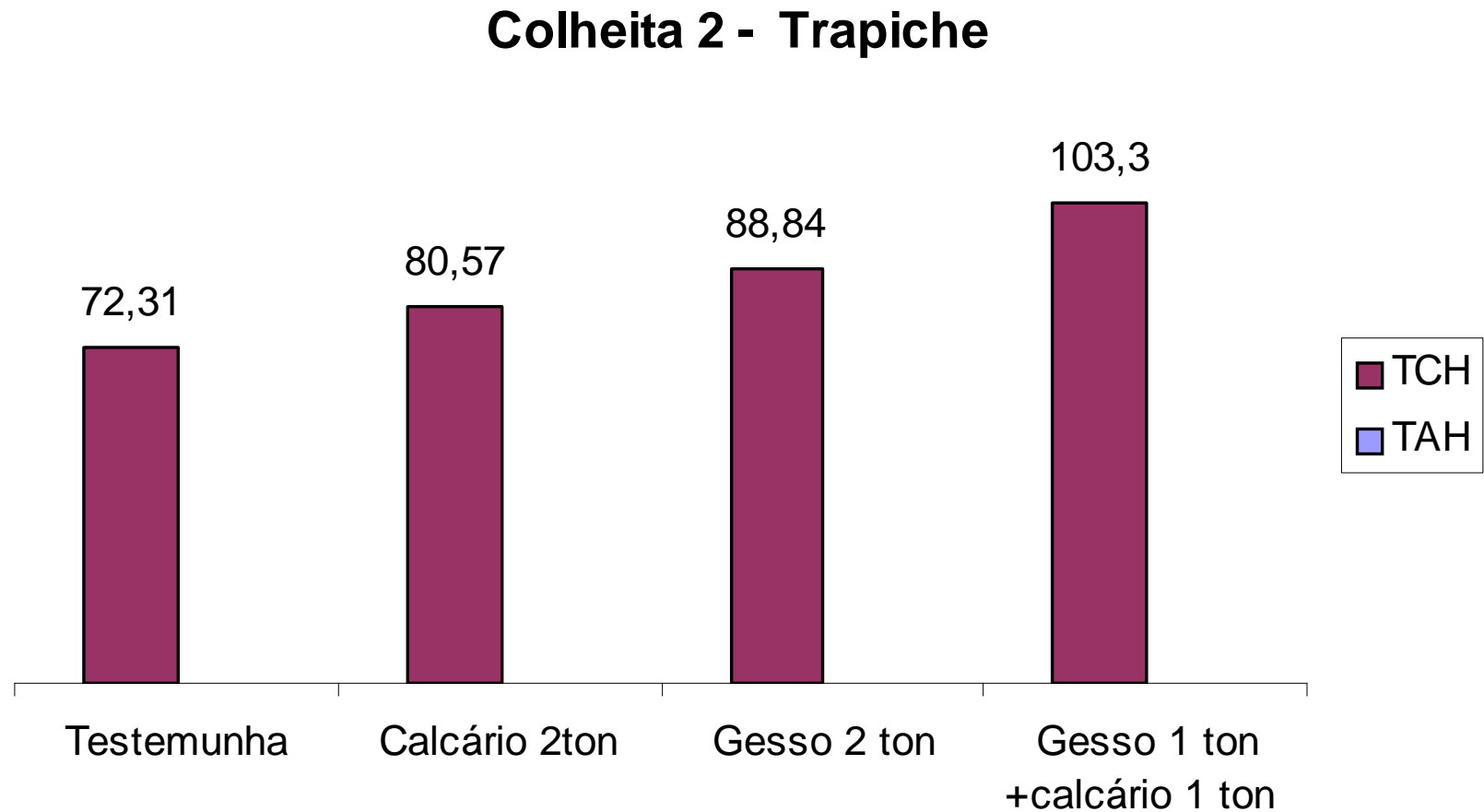
Colheita 1 - Trapiche



(Oliveira et al., 2005)

(2) Resultados com o uso de gesso (cana-soca)

- Efeito Residual, Produção em t ha⁻¹ na 1° soca



(Oliveira et al., 2005)

(2) EMPREGO DO GESSO AGRÍCOLA

(2.3) CONDICIONADOR DE SUB-SUPERFÍCIE

Pré-plantio instalação do canavial

Critério de recomendação

Na cultura da cana-de-açúcar

$V < 35 \%$ (camada de 20 a 40 cm)

$$NG \text{ (t/ha)} = \frac{(V2 - V1) \times CTC}{50}$$

50

V2 = saturação por bases desejada em subsuperfície (50%)

V1 = saturação por bases atual do solo em subsuperfície

CTC = capacidade de troca catiônica em subsuperfície em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$

(Fórmula válida para CTC máx = $10 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

Fonte: Vitti et al., 2004

Tabela. Quantidade aproximada de gesso a ser aplicada de acordo com a capacidade de troca catiônica (T) e a saturação por bases (V) do subsolo.

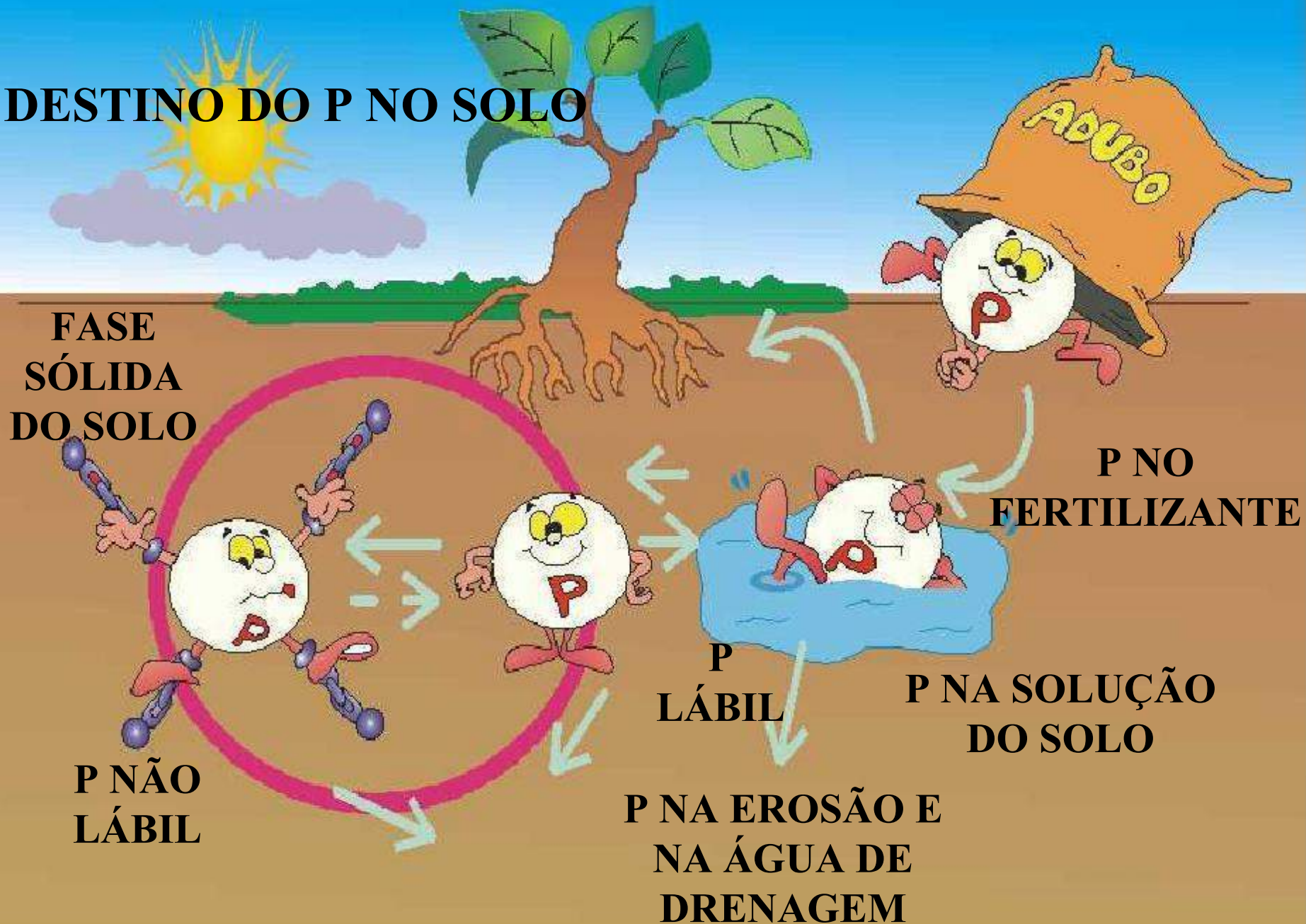
T (mmol _c dm ⁻³)	V (%)	Dose de gesso (t.ha ⁻¹)
< 30	< 10	2,0
	10-20	1,5
	20-35	1,0
30-60	< 10	3,0
	10-20	2,0
	20-35	1,5
60-100	< 10	3,5
	10-20	3,0
	20-35	2,5

Fonte: Demattê (1986 apud DEMATTÊ, 2005).

(3) FOSFATAGEM

(3) FOSFATAGEM

DESTINO DO P NO SOLO



(3) Fosfatagem - critérios

(1) Presina (VITTI & MAZZA, 2000)

$CTC < 60 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ($6 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$)

ou argila $< 30\%$

$P \text{ resina} \leq 15 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$

Quanto:

5 kg P_2O_5 / 1% argila

Argila %	kg/ha P_2O_5	kg/ha FR*
20	100	350
30	150	500

* FR = Fosfato reativo



1 $\text{mg}.\text{dm}^{-3} P = 10 \text{ kg/ha } P_2O_5$

Critérios: P Mehlich 1 (Souza & Lobato), 1996

P < 2 a 12 mg.dm⁻³

% argila	MB	Baixo	Médio	Bom
61-80	< 1 (240)	1,1 a 2 (120)	2,1 a 3	>3
41-60	< 3 (180)	3,1 a 6 (90)	6,1 a 8	>8
21-40	< 5 (120)	5,1 a 10 (60)	10,1 a 14	>14
<20	< 6 (100)	6,1 a 12 (50)	12,1 a 18	>18

Cor negra = teor de P no solo (mg.dm⁻³)

Cor vermelha = kg/ha P₂O₅

P Mehlich muito baixo – 1,0 a 6,0 mg.dm⁻³

P Mehlich baixo – 1,1 a 12 mg.dm⁻³

(3) Resposta à fosfatagem (cana-de-açúcar)

Tabela 14. Relação entre fosfatagem e calagem na cultura da cana-de-açúcar.

P ₂ O ₅ no sulco (kg ha ⁻¹)	Fosfatagem (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)					
	Área sem calagem			Área com calagem		
	0	100	200	0	100	200
	----- Produtividade no primeiro corte (t ha ⁻¹) -----					
0	23	102	111	98	121	134
50	102	107	108	123	123	134
100	79	115	124	124	124	133
150	102	115	124	98	127	135
200	96	118	126	112	121	131

Fonte: REIS e CABALA-ROSAND (1986).

$\Delta = 25 \text{ t/ha}$

Usina do Estado de São Paulo

- 5 t/ha de calcário
- 3 t/ha de gesso

- Grade intermediária
- Fosfatagem
- Grade niveladora



(3) FOSFATAGEM

Critérios

* Localização:

Área total, incorporado superficialmente (grade niveladora) ou sobre a palhada

* Época: Pré plantio, após calagem e gessagem

(3) Fontes de P_2O_5 para Fosfatagem

P_2O_5 sol. em HCl

- ***Hiperfosfatos** (Fosfato Natural Reativo – 30 % P_2O_5 total e 10% HCl)
- ***Termofosfato Magnesiano** (P_2O_5 total 18% e P_2O_5 HCl = 16%)
- * **Multifosfato Magnesiano** (18% P_2O_5 Total)
- ***Fósforo Orgânico** (Torta de Filtro)
- ***Fósforo Organo-mineral** (Composto: torta de filtro + Cinza + P Mineral ou
Torta de filtro + Cinza + Cama de frango)

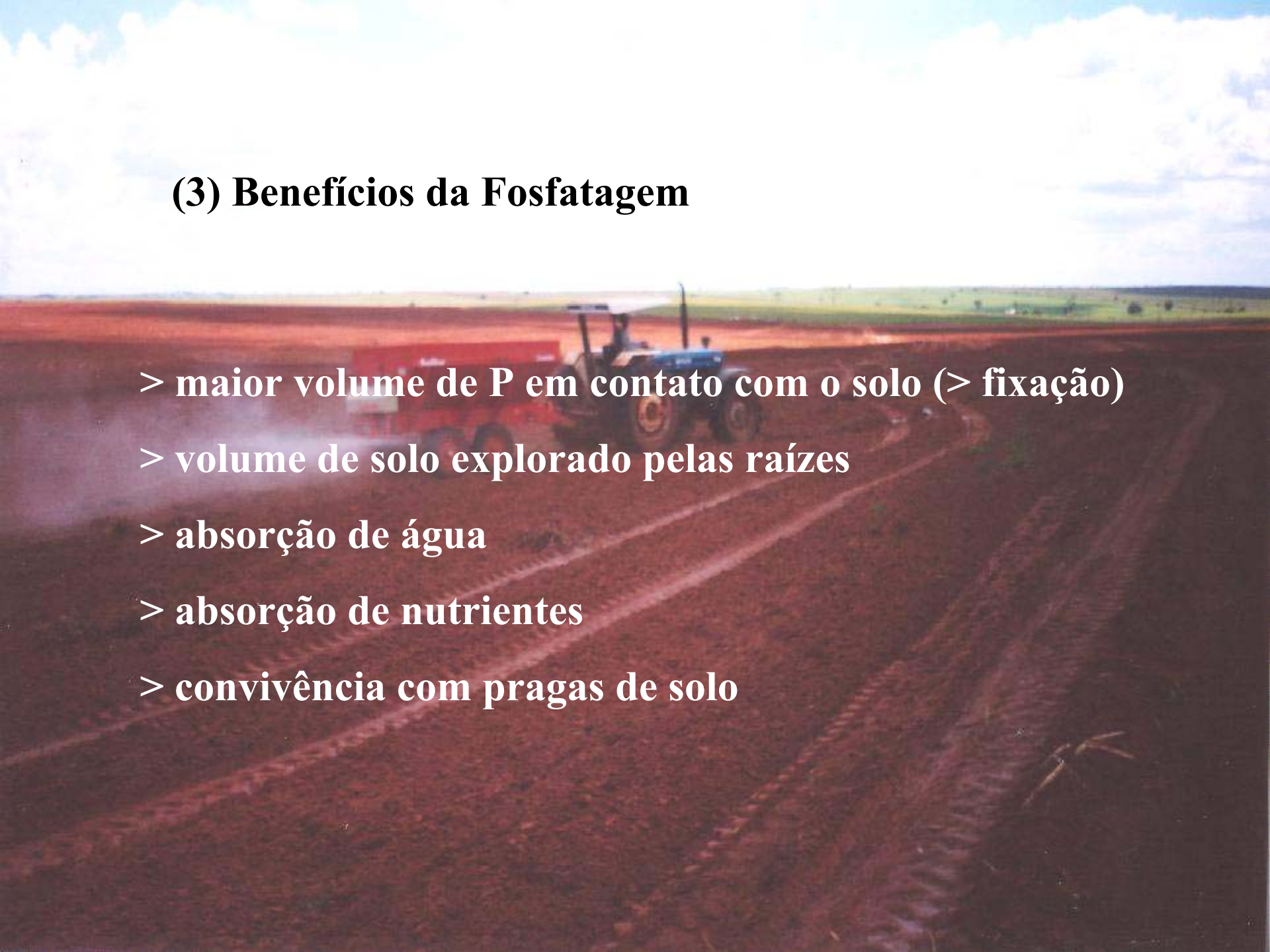
Benefícios da adubação fosfatada safra 2006/2007

Comparação: Duas usinas no E.S.P.

Ambientes de produção	Média das Usinas filiadas ao CTC	Usina E.S.P.
	t/ha	
A	108	102
B	97	121
C	103	98
D	98	108
E	95	98
Média	100,2	105,4

(3) Benefícios da Fosfatagem

- > maior volume de P em contato com o solo (> fixação)**
- > volume de solo explorado pelas raízes**
- > absorção de água**
- > absorção de nutrientes**
- > convivência com pragas de solo**



(4) Adubação Verde

(4) Adubação Verde

VANTAGENS:

- a) Melhora propriedades químicas do solo**
- b) Diminui o assoreamento dos sulcos de plantio, facilitando a germinação dos toletes**
- c) Redução total/parcial da adubação nitrogenada de plantio**
- d) Reciclagem de nutrientes percolados**
- e) Controle da erosão**
- f) Diminuição da incidência de ervas daninhas**
- g) Controle de pragas do solo**
- h) Solubilização de: Ca, Mg, S e P (Práticas corretivas)**
- i) Aumento da produtividade**

Efeito das práticas corretivas na adubação verde

Crotalária juncea



Com fósforo
1,2m de altura

Sem fósforo
0,8m de altura

Ex. Experimento com Adubos verdes na UFAL

Efeito das práticas corretivas na adubação verde



Agrícola Ouro Verde - SP

22 17:47

Sulcação direta sobre o adubo verde



22 17:40

Grupo Ouro Verde (Lençóis Pta)

Manejo da biomassa

Sulcação direta sobre *C. spectabilis*



FONTE: Laércio Silva, Usina Coruripe/AL

Correto:

CROTÁLARIA JUNCEA FAZ. SAPÁLIO GLEBA 02

Piores Ambientes



Melhores ambientes



FAZENDA SAPÁLIO

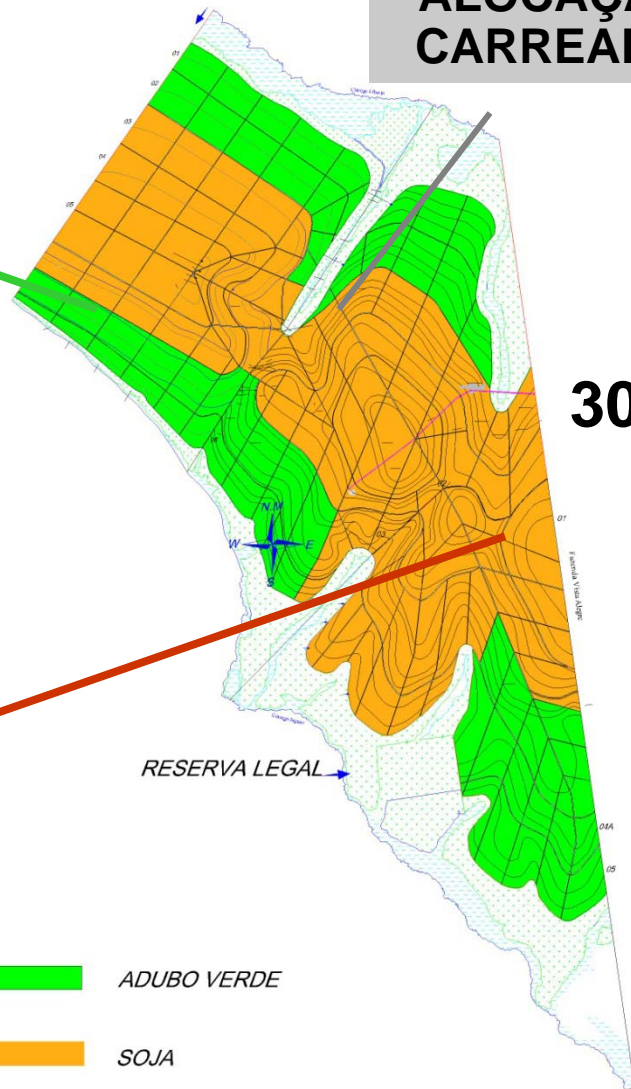
**ALOCAÇÃO DE
CARREADORES**

3000 ha

RESERVA LEGAL

 ADUBO VERDE

 SOJA



Rotação Soja / Cana (Catanduva - SP)



Meiose soja/cana (Rio Brilhante-MS)



(5) Adubação orgânica

- **Torta de filtro**
- **Vinhaça**
- **Composto: (Torta de filtro, cinzas de caldeira, bagaço)**
- **Resíduos industriais / Resíduos de animais**

TORTA DE FILTRO



16 8 2006



Transporte: Usina x Pátio

Us N. S. - V. O. Itapira

Torta de filtro

Tabela 2. Resultados Analíticos da Torta de Filtro para Macronutrientes(*).

Nome	N total	P ₂ O ₅ Total	K ₂ O	Ca	Mg	S
	%					
Média	1,49	1,72	0,34	4,59	0,46	0,6
CV	29,9	57,2	93,7	154,8	66,4	181,4
IC-MAX	1,67	2,12	0,47	7,5	0,58	1,05
IC-MIN	1,31	1,32	0,21	1,69	0,33	0,16

(*) Base Seca.

Torta de filtro

Tabela 3. Resultados Analíticos da Torta de Filtro para Micronutrientes

Nome	Fe	Mn	Cu	Zn	Na	B
	mg/dm ⁻³					
Média	22189,2	576,9	119,1	142,9	872,2	11,3
Desvio Padrão	13884,0	271,0	68,0	87,6	699,1	8,8
CV	62,6	47,0	57,0	61,3	80,2	77,7
IC	9620,9	187,8	47,1	60,7	484,4	6,1
IC MÁX	23504,9	458,7	115,1	148,3	1183,5	14,8
IC MIN	13821,4	224,0	10,9	26,3	618,9	69,0

Torta de filtro

- Uso da Torta de Filtro no plantio de cana-de-açúcar:

Objetivo: substituição plena do N e P e parcial do K

- 30 a 40 kg N/ha;
- 120 a 150 kg P_2O_5 /ha;
- 100 a 120 kg K_2O /ha.

Figura 2. Aplicação de Torta de Filtro a lanço em área Total.



25 5 2006



**Figura 3. Aplicação localizada da
Torta de Filtro no sulco de plantio.**



14 8 2007

(5) ADUBAÇÃO ORGÂNICA

No manejo da adubação orgânica além dos subprodutos da Usina, tem-se outras alternativas:

- Cama de Frango;
- Esterco de poedeira
- Esterco de confinamento
- Dejeto de suínos
- Esterco bovino;



31.05.08

5

Identificação das Leiras

Us N. S. V. O. Itapira

MISTURA MECANIZADA

AEREÇÃO
+
HOMOGENEIZAÇÃO
+
PERDA DE UMIDADE
+
CONTROLE TEMPERATURA

Us Catanduva – V.O.

Aplicação de Gesso Agrícola



Us Catanduva – V.O.

Aplicação de Fertilizantes Minerais

“FÁBRICA DE FERTILIZANTES
A CÉU ABERTO”

Us S.J. Estiva + W de Biasi

(5) ADUBAÇÃO ORGÂNICA - VINHAÇA

Tabela 11. Composição química média da vinhaça

Elemento	Vinhaça de Mosto		
	Melaço	Misto	Caldo
N (kg/m³)	0,77	0,46	0,28
P₂O₅ (kg/m³)	0,19	0,24	0,20
K₂O (kg/m³)	6,00	3,06	1,47
CaO (kg/m³)	2,45	1,18	0,46
MgO (kg/m³)	1,04	0,53	0,29
SO₄ (kg/m³)	3,73	2,67	1,32
Mat. Orgânica (kg/m³)	52,04	32,63	23,44
Fé (ppm)	80,00	78,00	69,00
Cu (ppm)	5,00	21,00	7,00
Zn (ppm)	3,00	19,00	2,00
Mn (ppm)	8,00	6,00	7,00
pH	4,40	4,10	3,70

(5) ADUBAÇÃO ORGÂNICA - VINHAÇA

$$V = \frac{[(0,05 \times CTC - K \text{ solo}) \times 3.744 + 185]}{K \text{ vinhaça}}$$

Sendo:

V = volume de vinhaça ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

CTC = capacidade de troca catiônica do solo determinada a pH 7,0 ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

K solo = teor de K no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

185 = K_2O extraído pela cana-de-açúcar ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

K vinhaça = concentração de K^+ na vinhaça ($\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$ de K_2O).

Figura 13. Reservatório de Vinhaça revestido com PEAD.



22 2 2005

Figura 14. Canal – Condutores Livres.



23 2 2005

Figura 15. Carretel enrolador.



(6) ADUBAÇÃO MINERAL

(6.1) NUTRIÇÃO MINERAL

(6.1.) O que?

(6.2.) Quanto?

(6.3.) Quando?

(6.4.) Como?

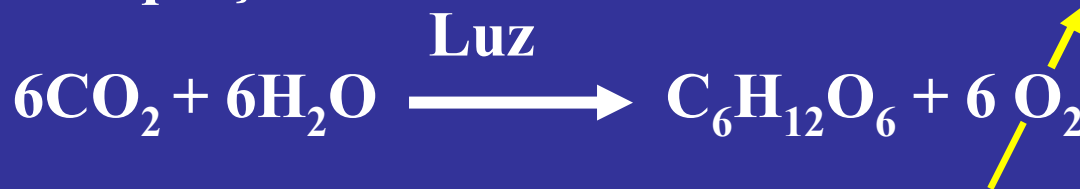
$$\underline{\text{ADUBAÇÃO}} = (\text{PLANTA} - \text{SOLO}) \times f$$

(6.1.) O que? (Nutrientes necessários)

AR + ÁGUA (95% MS)

*Macronutrientes orgânicos (CO_2 e H_2O),
C, H e O

- Equação fotossintética:



SOLO (5% MS)

*Macronutrientes primários
N, P e K (fórmula)

*Macronutrientes secundários
Ca, Mg e S (calcário e gesso)

*Micronutrientes

**B, Zn, Cu
(Mo e Mn)**

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

(6.2.) Quanto?

a) Cana planta

$\downarrow \text{N}^{(*)} \quad \uparrow \text{P}_2\text{O}_5 \quad \uparrow \text{K}_2\text{O}$

$\text{S} > \text{P}$

(*) Fixação biológica do N_2 do ar

b) Cana Soca

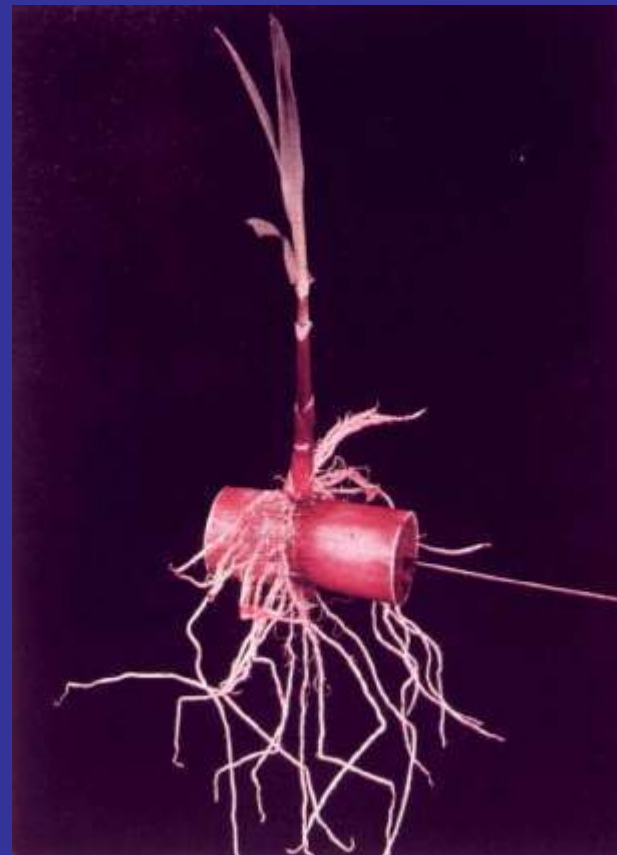
$\uparrow \text{N} \quad \downarrow \text{P}_2\text{O}_5 \quad \uparrow \text{K}_2\text{O}$

Dose: **1,0 kg N/t** de cana queimada

$\text{N}/\text{K}_2\text{O} = 1,0/1,3 \quad \text{a} \quad 1,0/1,5$

Dose: **1,3 kg N/t** cana crua

$\text{N}/\text{K}_2\text{O} = 1,0/0,8 \quad \text{a} \quad 1,0/1,0$



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

(6.3) Quando?

**Cana Planta: N – P₂O₅ – K₂O + micros
(B, Zn e Cu)**

Cana Soca: N – K₂O – B



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

(6.4.) Quando e Como ?

(6.4.1.) Cana Planta

a) Pré-plantio (Área Total)

a1) Calagem Camada de 0 – 20 e 20 – 40 cm ou
0 – 25 e 25 – 50 cm; $V = 60\%$

$\frac{1}{2}$ antes da aração e $\frac{1}{2}$ antes da gradagem, quando a dose
for maior que 3,0 t/ha

a2) Gessagem 20-40 ou 25 – 50 cm; $V = 50\%$
Imediatamente após a calagem

a3) Fosfatagem ($CTC < 6 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$; $\text{Pres} \leq 10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$;
 $\text{PMehlich} \leq 1 \text{ a } 12 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$

Antes da grade de nivelamento
(pré-plantio): solos arenosos (teor de argila $< 30\%$)



Adubação de cana planta

b) Sulco de plantio:

N

40

P_2O_5

150

2/3 a 3/3 K_2O

120

B e Zn

1 e 3 kg/ha

c) Cobertura (Cana de ano e meio, solos arenosos)

Quando a recomendação de $K_2O > 120$ kg/ha.

Antes do fechamento do canavial (Outubro).

(Quebra Lombo = Colheita Mecânica)

2.3.2. Cana Soca

N, K_2O e B (P_2O_5) na tríplice operação.



(6.2.) AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

(6.2.1.) Diagnose visual

(6.2.2.) Diagnose foliar

(6.2.3.) Análise de solo

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

(6.2.1.) Sintomas de deficiência nutricional na Cana-de-açúcar

Deficiencia de P

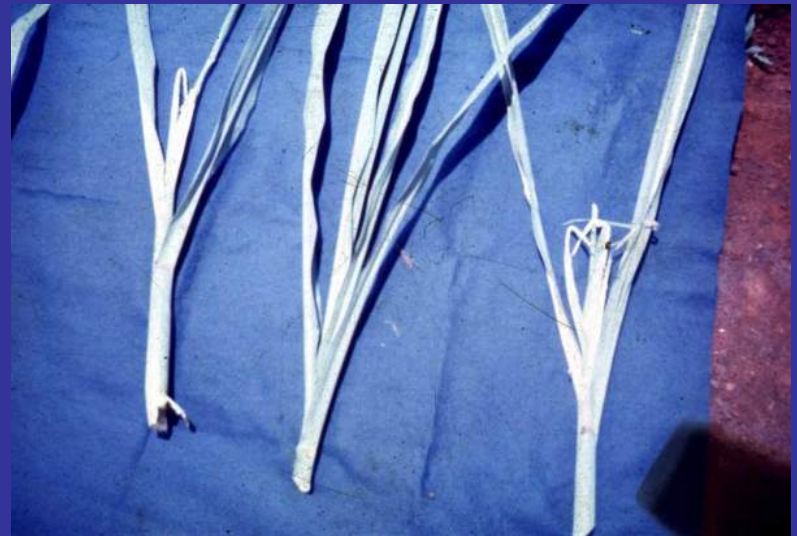


Vitti & Oliveira



Vitti & Rolim

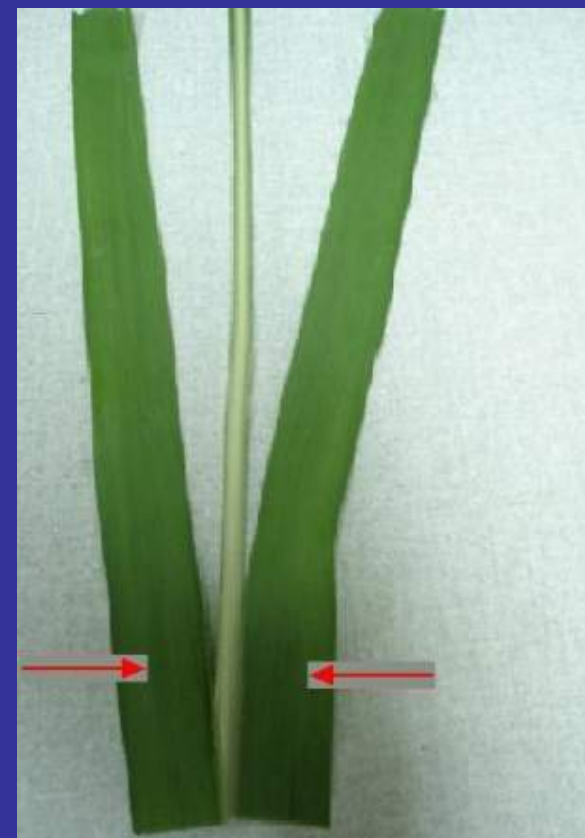
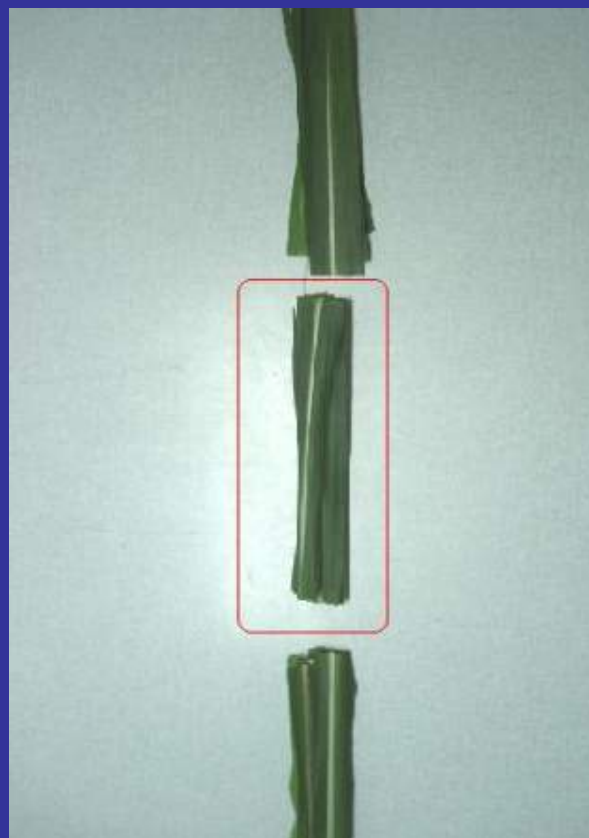
Deficiencia de B



Brasil Sobr.

(6.2.2.) DIAGNOSE FOLIAR

(6.2.2.1.) Procedimentos de Amostragem



Tipo de Folha: Coleta-se a folha +3 (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

Cana Planta: 6-8 meses após a germinação

Cana Soca: 4 a 6 meses após o corte

Análise de solo

(6.2.3.) Fases

RETIRADA DE AMOSTRAS DE SOLO

(Fornecedor)



ANÁLISE DE SOLO

(Pesquisador)



INTERPRETAÇÃO E RECOMENDAÇÃO

(Pesquisador e Extensionista)



UTILIZAÇÃO

(Fornecedor)

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

Amostragem de solo

a) Época: na cana **planta** → cerca de 3 meses antes do plantio
na cana **soca** → logo após o corte;

b) Local: cana **planta** → percorrer a área uniforme a ser plantada em “zig-zag”, retirando cerca de 15 sub-amostras nas profundidades de 0-20 e 21-40 cm

cana **soca** → retirar as amostras a cerca de 1 (um) palmo (20 a 25cm) da linha.



Limites de classes de teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	água quente	DTPA			
		mg.dm ⁻³			
Baixo	0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 4	0 – 1,2	0 – 0,5
Médio	0,21 – 0,6	0,3 – 0,8	5 – 12	1,3 – 5,0	0,6 – 1,2 (>1,6)*
Alto	> 0,6	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2 (>1,6)*
g/ 100 t	235	339	7318	2472	592
kg/5 cortes	1,2	1,7	37,0	12,0	3,0

* Mehlich

1 mg dm⁻³ B, Zn, Cu, Fe, Mn  **2 kg/ha**

B (0,6) = 1,2 kg/ha

Mn (5,0) = 10kg/ha

Cu (0,8) = 1,6 kg/ha

Zn (1,2) = 2,4 kg/ha

Adubação Mineral Cana Planta

Adubação N - P₂O₅ - K₂O

↓ N - ↑ P₂O₅ - ↑ K₂O

07-27-20 + micros

08-26-20 + micros

10-25-18 + micros

10-30-15 + micros

N (kg/ha)	P resina (mg/dm ³)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K (mmol _c /dm ³)	K ₂ O ^(**) (kg/ha)
	0-6 ^(*)	150 (180)	<0,7	170
40	7-15 ^(*)	150	0,8-1,5	140
A	16-40	120	1,6-3,0	110
60	>40	100	3,1-5,0	80
			>5,0	0

* Em solos com argila < 30% utilizar **150 kg/ha de P₂O₅** em área total, acrescidos de **150 kg/ha de P₂O₅ no sulco de plantio, ou 180 kg/há no sulco de plantio**, em áreas sem fosfatagem.

** Em areias quartzosas e latossolos aplicar no máximo **120 kg/ha de K₂O** no sulco de plantio, e o restante em cobertura, antes do fechamento do canavial.

ADUBAÇÃO CANA PLANTA

Com torta

Doses Aproximadas:

In natura → 60 t/ha

Condicionada → 30 t/ha

Enriquecida → 10 t/ha



Todo N - 150 kg/ha P₂O₅



200 kg/ha de KCl → 120 kg/ha K₂O

ADUBAÇÃO CANA PLANTA

Sem torta

Nutrientes fornecidos				
N	P2O5	K2O	B	Zn
kg/ha				
40 a 60	150	120	1	2

600 Kg/ha de 7 – 27 – 20 + 0,15% B + 0,3% Zn

ou

600 kg/ha de 7 – 27 – 20 + 0,3% de Zn + Boro Via
Herbicida (4,5 kg/ha de Ác. Bórico)

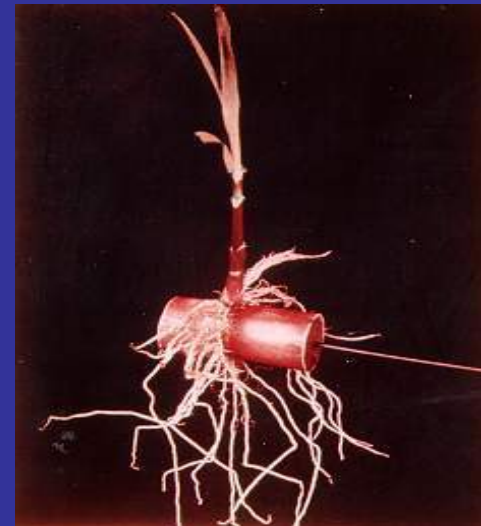
ou

600 kg/ha de 7 – 27 – 20 com micronutrientes no tolete

Fixação biológica do N_2 do ar

Condições necessárias:

- Calagem: **Correção da acidez**
Fornecimento de Ca e Mg
- Adubação com P, S, (Mo)
- Ausência de compactação (O_2)
- Qualidade da muda



B) Cana Soca – Adubação sustentável - N - P₂O₅ - K₂O

↑ N - ↓ P₂O₅ - ↑ K₂O

Tipo de corte	N	K ₂ O	
		Kg.t-1	
Cana Queimada	1	1,3 (> 0,15 cmolc.cm3)	1,5 (< 0,15cmolc.cm3)
Cana Crua	1,3	0,8 a 1,0	

Tipo de corte	Relação K ₂ O/N
Cana Crua	0,6 a 0,8
Cana Queimada	1,3 a 1,5

4.6.2. Adubação N - P₂O₅ - K₂O

Cana soca colhida crua

Massa de matéria seca da palha de cana crua, quantidade de nutrientes e carboidratos estruturais nas amostras realizadas em 1996 e na palha remanescente em 1997 (OLIVEIRA et al., 1999).

Ano	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	C
	t/ha		-----kg/ha-----					
1996	13,9 a	64 a	6,6 a	66 a	25 a	13 a	9 a	6.255 a
1997	10,8 b	53 a	6,6 a	10 b	14 b	8 b	8 a	3.642 b
Ano	Hemicelulose	Celulose	Lignina	Conteúdo celular	C/N	C/S	C/P	
				-----kg/ha-----				
1996	3.747 a	5.376 a	1.043 a	3.227 a	97 a	695	947	
1997	943 b	6.619 a	1.053 a	2.961 b	68 b	455	552	

1,3 Kg de N / T de Cana

Descontar: +/-40 kg/ha de K₂O

Cana Crua



Adubação de cana-soca

b) Cana crua

- Adubação potássica:

palhada libera 40 a 50 kg/ha de K

0,8 a 1,0kg de K_2O /t de cana colhida

Relação N/ K_2O de 1,0/0,8 a 1,0

Fórmulas para cana-soca

1. Cana Queimada

Fórmula	Relação N/K ₂ O
22 - 00 - 30	1/1,3
18 - 00 -27	1/1,5
20 - 00 - 25	1/1,25
18 - 00 - 32	1/1,7
20 - 00 - 30	1/1,5

2. Cana Crua

20 - 00 - 20	1/1
20 - 00 - 15	1,3/1

7.2.2 Adubação de soqueira com fósforo

Condições de resposta: $V \geq 50\%$ (solo corrigido)

$P_{\text{resina}} < 15 \text{ mg/dm}^3$

$P_{\text{Mehlich (1)}} < 1,1 \text{ a } 12 \text{ mg/dm}^3$

	K_2O/N
Fórmulas: cana queimada: 18-06-24	1,3
20-05-25	1,3
15-05-25	1,6
18-05-27	1,5

Fórmulas: cana crua: 20 – 05 – 20	1,0
20 – 05 - 15	0,75

Dose: 30 a 35 kg/ha de P_2O_5

Adubação de soqueira – Adubação sustentável

Adubação da cana soca para os casos 1, 2 , 3 e 4.

Considerações: *Produção almejada: 100 t/ha de colmos*

Vinhaça: Aplicação de 200 m³/ha, com 1,2 K₂O e 0,3 N (Kg m³)

Eficiência de aplicação da vinhaça = 70%

Tipo de corte área cana:

Crúa

Queimada

Com
vinhaça

Sem
vinhaça

Com
vinhaça

Sem
vinhaça

1

2

3

4

Caso 1: Cana Crua, com vinhaça:

Necessidade de N: $1,3 \text{ kg/t de colmos} = 130 \text{ kg/ha}$

Necessidade de K_2O = $1,3 \text{ a } 1,5 \text{ kg/t de colmos} = 130 \text{ a } 150 \text{ kg/ha}$

Fornecimento N: Vinhaça = $200 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,3\% \text{ N vinhaça} = 60 \text{ kg/ha}$

Eficiência de aplicação = 70%: $60 \times 0,7 = 40 \text{ kg/ha de N da vinhaça}$

Fornecimento K_2O : Vinhaça = $200 \times 1,2 (\text{Kg } \text{K}_2\text{O}/\text{m}_3) \times 0,7 = 168 \text{ kg/ha} + 40 \text{ kg/ha adivindos mineralização da palhada};$

Total = 208 kg/ha

Adubação = 90 kg/ha de N =

200 kg/ha de uréia

Caso 2: Cana Crua, sem vinhaça

Necessidade de N: 1,3 kg/t de colmos = **130 kg/ha**

Necessidade de K_2O = 1,3 a 1,5 kg/t de colmos = **130 a 150 kg/ha**

Fornecimento K_2O : 40 kg/ha advindos mineralização da palhada;

Total = 40 kg/ha

Adubação: 130 kg/ha de N e 100 kg/ha K_2O =

500 kg/ha da formulação 25 – 00 – 20

Caso 3: Cana queimada, com vinhaça

Necessidade de N: $1,0 \text{ kg/t de colmos} = 100 \text{ kg/ha}$

Necessidade de K_2O = $1,3 \text{ a } 1,5 \text{ kg/t de colmos} = 130 \text{ a } 150 \text{ kg/ha}$

Fornecimento N: Vinhaça = $200 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,3 \text{ N vinhaça} = 60 \text{ kg/ha}$

Eficiência de aplicação = 70%: $60 \times 0,7 = 40 \text{ kg/ha de N da vinhaça}$

Fornecimento K_2O : Vinhaça = $200 \times 1,2 (\text{K}_2\text{O}) \times 0,7 = 168 \text{ kg/ha}$

Total = 168 kg/ha

Adubação = 60 kg/ha de N

140 kg/ha de uréia

Caso 4: Cana Queimada, sem vinhaça

Necessidade de N: 1,0 kg/t de colmos = **100 kg/ha**

Necessidade de K_2O = 1,3 a 1,5 kg/t de colmos = **130 a 150 kg/ha**

Não há o fornecimento de N pela vinhaça e nem de K_2O pela vinhaça e mineralização da palhada

**Adubação: 100 kg/ha de N e 130 a 150 kg/ha K_2O =
500 kg/ha da formulação 20 – 00 – 30**

MICRONUTRIENTES, POR QUE?

(1) Altas produtividades : MAIOR EXTRAÇÃO

(2) Práticas corretivas



- Calagem
- Gessagem
- Fosfatagem

Calagem: ↓ Micros Metálicos (Zn, Cu e Mn) e H_2BO_3^- (↑Ca/B)

Gessagem: ↓ MoO_4^-

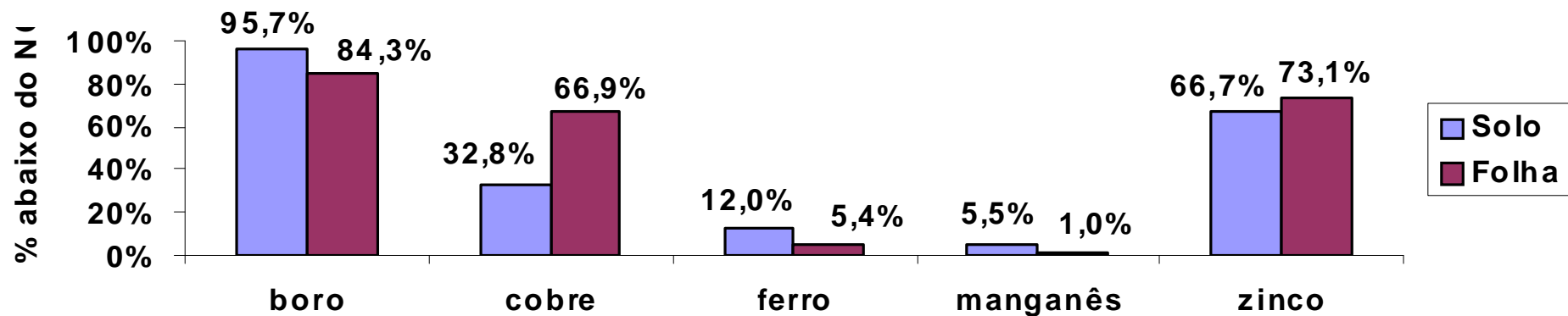
Fosfatagem: ↓ Micronutrientes Metálicos (Zn, Cu e Mn)

Cultivo Mínimo / Colheita mecanizada:

↑ M.O. → ↑ Complexação Cu

(3) Solos Deficientes em Micronutrientes

Relação entre os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco abaixo do nível crítico presentes em amostras de solo e nas plantas de cana-de-açúcar



- **B → 95% nos solos e 85% nas plantas**
 - não utilização nos programas de adubação, associado a sua alta movimentação no perfil do solo (lixiviação)
 - Associado a isso, as práticas de queima do canavial devem ter contribuído para o aumento das perdas.
- **Zn → 67% nos solos e 73% nas plantas**
 - não aplicação do elemento e pobreza natural da maioria dos solos
- **Cu → 33% de áreas abaixo do NC em solos e 67% nas plantas**
 - apresentou a maior variabilidade entre teores encontrados nos solos e folhas, pode estar indicando falhas nos métodos de análises ou nas tabelas de interpretação apresentadas na literatura.
- **Fe e Mn apresentaram quantidade muito baixa de áreas com problemas**
 - possível alta concentração nos solos intemperizados da região, ricos em óxidos de Fe e Mn.
 - não se sugere a utilização dos mesmos em adubações.

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 ⁻¹)	Extração (g/100t)	g/5 cortes	Fontes
Zn	3,0 a 5,0	592	2960	Oxisulfatos
Cu	2,0 a 3,0	339	1695	Oxisulfatos
B	1,0 a 2,0	235	1175	Ulexita
Mn*	3,0 a 5,0	2472	12360	Oxisulfatos

* (solos do Nordeste)

Dose menor: Solos arenosos

Dose maior: Solos argilosos

Efeito de micronutrientes na cana-de-açúcar (Zinco)

Dose de Zinco kg/ha	Colmos t/ha	PC %	ATR kg/t	TPH t/ha
1º corte				
0	141	13.8	134	19.5
3	138	15.4	147	21.3
6	137	15.4	148	21.1
<i>Teste F</i>	0,2 ^{NS}	6,1 ^{**}	5,7 ^{**}	
2º corte				
0	71	13.5	139	9.6
3	83	14.2	144	11.8
6	80	14.2	145	11.4
<i>Teste F</i>	4,2 ^{**}	1,6 ^{NS}	1,0 ^{NS}	
PC: pol da cana; ATR: açúcares totais recuperáveis; TPH: toneladas de pol por hectare				
**significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} não significativo				

Fonte: FRANCO et al. (2008)
Congresso STAB.

Micronutriente via tolete na cobertura

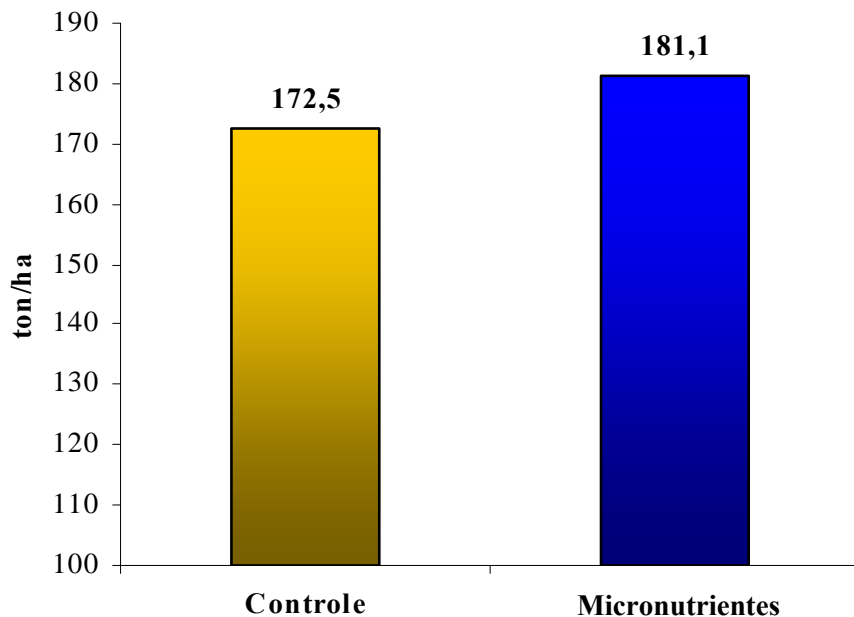


Via Tolete (resultados de aplicação)

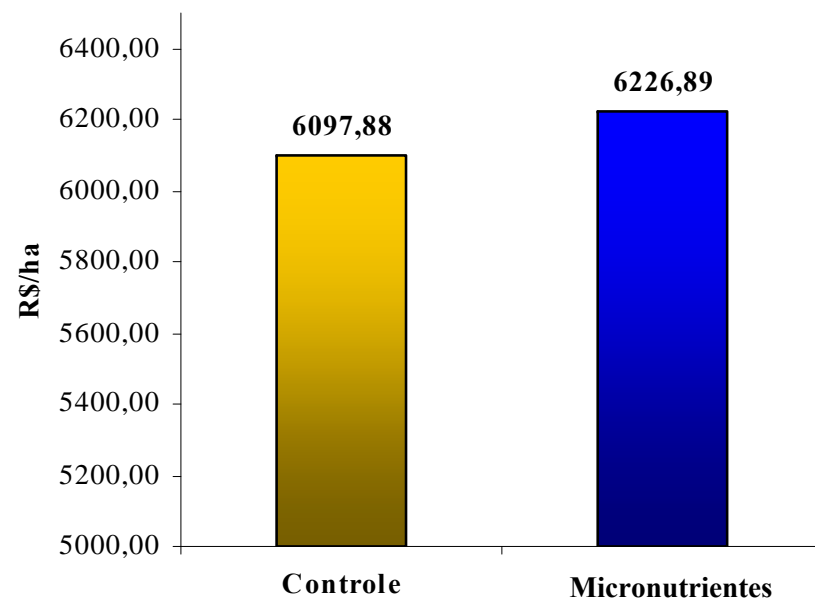
Região de Piracicaba

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

Tonelade de Cana/ha



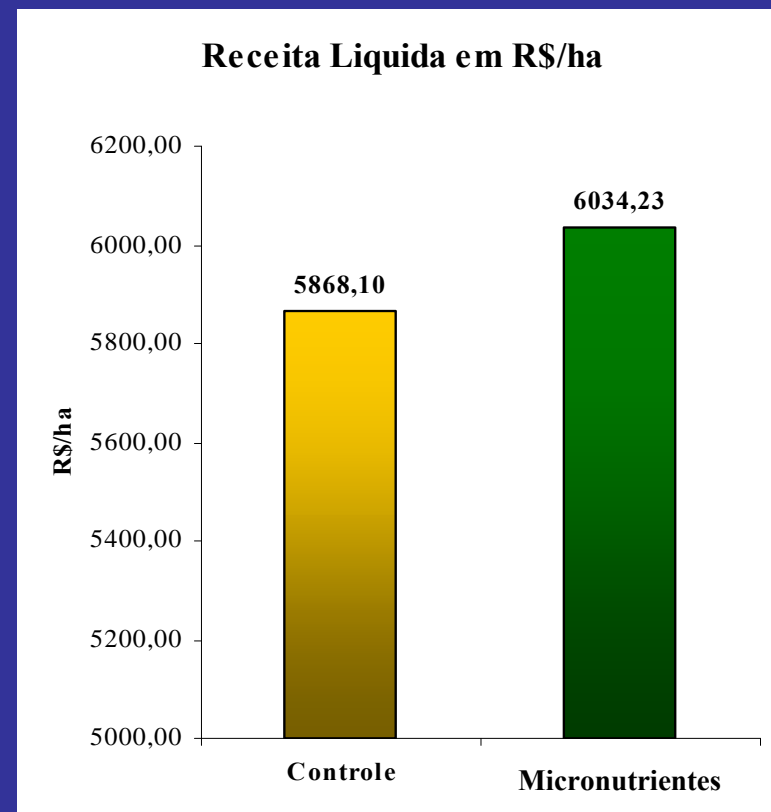
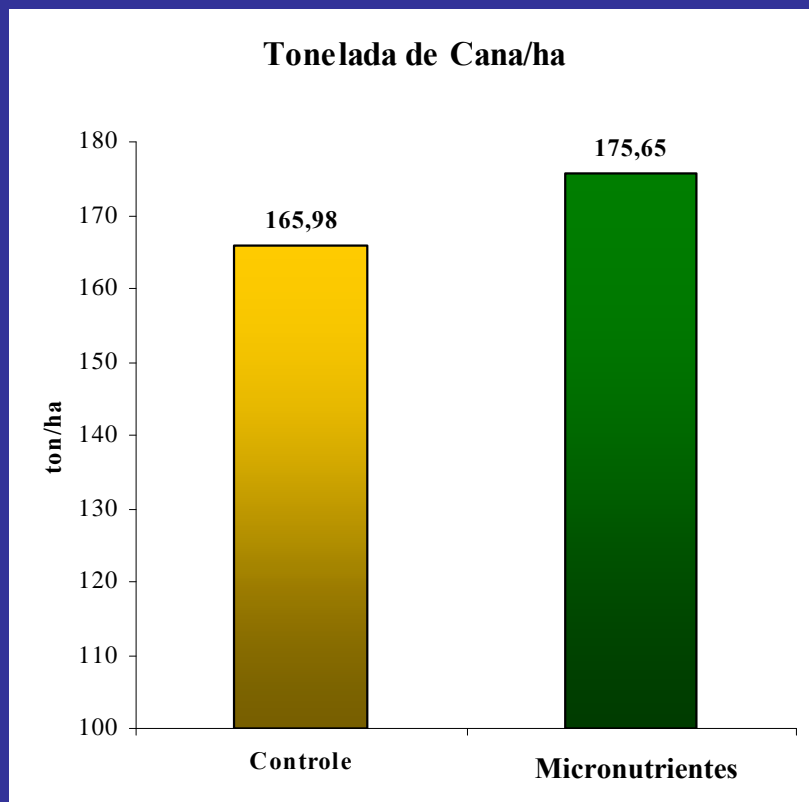
Receita Líquida R\$/ha



Via Tolete (resultados de aplicação)

Região de Catanduva

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



RESULTADOS OBTIDOS



Região Noroeste ESP

Variedade SP-3250 aos 7 meses após a data de plantio



Região Noroeste ESP

A photograph of a sugarcane field. The sugarcane stalks are tall and dense, reaching up to the top of the frame. A person wearing a blue shirt and a blue cap is standing in the middle of the field, providing a sense of scale. The ground is reddish-brown soil. The sky is clear and blue.

Juara - MT

12 meses – 150 t/ha

Precipitações pluviais de aproximadamente 2500 mm (o dobro da exigência da cultura) aliado a altas temperaturas, resulta excelente desenvolvimento vegetativo, com a cana chegando a 3,5 m de altura.

Tabela 6. Produtividade das variedades por época de colheita, em toneladas de colmos/ha (TCH).

VARIETADE	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago.	Set.	Out.	MÉDIA
RB855453	134,10	151,92	153,17	-	-	-	-	146,40
SP83-5073	127,34	147,17	136,22	-	-	-	-	136,91
IACSP93-3046	-	149,39	163,25	174,63	-	-	-	162,42
IACSP94-2094	-	153,52	161,31	180,27	-	-	-	165,03
SP81-3250	-	136,72	187,69	158,51	-	-	-	160,97
PO88-62	-	141,47	142,51	163,67	-	-	-	149,21
RB925211	-	138,00	147,78	166,67	-	-	-	150,81
RB867515	-	-	171,25	190,92	199,27	-	-	187,15
RB835486	-	-	179,03	162,21	147,03	-	-	162,76
SP80-3280	-	-	174,89	166,12	175,43	-	-	172,15
RB855536	-	-	-	157,26	151,88	125,58	-	144,90
RB855113	-	-	-	137,38	187,32	138,92	-	154,54
SP79-1011	-	-	-	139,77	158,53	126,42	-	141,57
SP71-1406	-	-	-	-	200,13	157,06	192,17	183,12
RB928064	-	-	-	-	203,32	168,06	180,98	184,12
RB935744	-	-	-	-	207,33	126,77	164,10	166,07
SP86-42	-	-	-	-	212,40	151,25	149,25	170,97
RB72454	-	-	-	-	167,30	125,34	162,49	151,71
MÉDIA	130,72	145,45	161,71	163,40	182,72	139,92	169,80	160,60

Produção de ATR – toneladas/ hectare

Tablela 7. Produção de ATR (ton/ha) escolhendo-se somente as 12 variedades mais produtivas

Variedade	MÊS							MÉDIA Ton/ha
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	
RB855453	15,01	17,85	18,99	-	-	-	-	17,28
RB83-5073	14,65	18,54	18,09	-	-	-	-	17,09
SP81-3250	-	17,87	25,53	24,25	-	-	-	22,55
RB925211	-	17,28	18,94	23,90	-	-	-	20,04
RB867515	-	-	21,48	25,57	30,53	-	-	25,86
RB835486	-	-	23,17	23,59	22,92	-	-	23,23
SP80-3280	-	-	19,70	24,57	26,78	-	-	23,68
SP79-1011	-	-		19,82	23,79	19,88	-	21,17
SP71-1406	-	-	-	-	27,16	23,99	27,29	26,15
RB928064	-	-	-	-	27,94	23,59	22,46	24,66
RB935744	-	-	-	-	30,02	18,17	23,24	23,81
SP86-42	-	-	-	-	31,47	23,34	21,55	25,45
Média	14,83	17,88	20,84	23,62	27,58	21,80	23,64	22,58

22.580 kg x R\$ 1,14* = R\$ 25.741,20

*** CEPEA/ ESALQ – 01/10/2009**

Fonte: USP/ ESALQ/ FEALQ - 2009

Produção de Álcool por hectare

Tabela 8. Produção de álcool l/ha com base nas variedades mais produtivas.

LITROS DE ÁLCOOL POR HECTARE								
VARIEDADE	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	MÉDIA
RB855453	9.353	11.121	11.773					10.749
RB83-5073	9.087	11.520	11.338					10.648
SP81-3250		11.132	15.680	14.999,70				13.937
RB925211		10.829	11.873	14.974,95				12.559
RB835486			13.769	14.196,79	18813,74			15.593
SP80-3280			11.323	14.497,05	17291,99			14.371
RB867515			12.385	15.179,32	18940,65			15.502
SP79-1011				11.673,67	14243,73	12459,13		12.792
SP71-1406					17505,78	15032,70	17103,13	16.547
RB928064					16784,04	14783,16	14076,22	15.214
RB935744					16737,60	11387,07	14562,05	14.229
SP86-42					15190,39	14628,68	13503,60	14.441
MÉDIA	9.220	11.151	12.591	14.254	16.938	13.658	14.811	13.882

13.882 litros x R\$ 0,8059* = R\$ 11.187,50

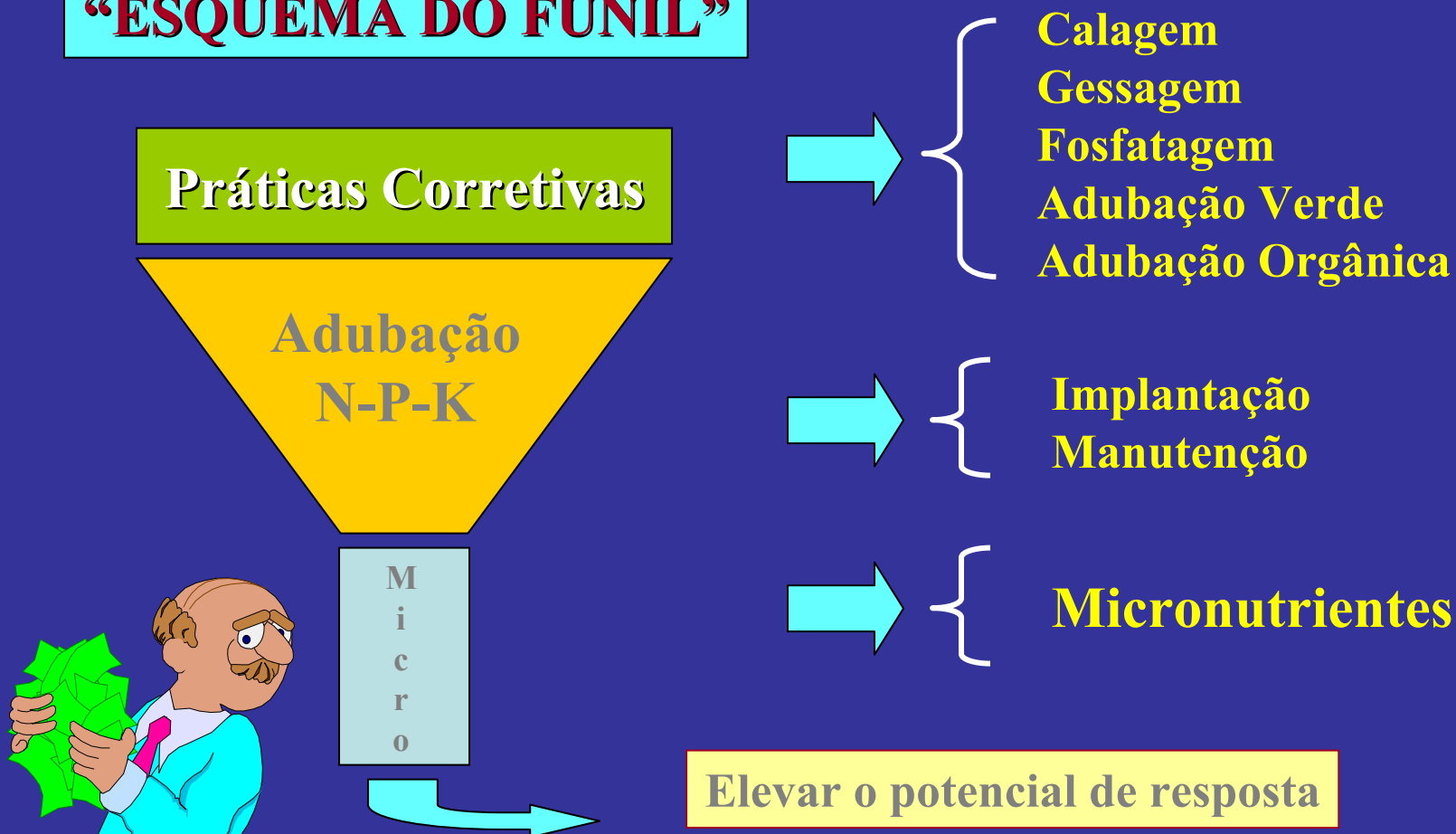
***CEPEA/ ESALQ - 25/09/2009**

Fonte: USP/ ESALQ/ FEALQ - 2009

Rendimento de 86 litros de álcool anidro por tonelada de cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO: RECOMENDAÇÃO DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO

“ESQUEMA DO FUNIL”





gcvitti@esalq.usp.br

gape@esalq.usp.br

www.gape.esalq.usp.br

Tel: (19) 3417-2138

OBRI GADO

**“O HOMEM COME PLANTA, OU PLANTA TRANSFORMADA (ANIMAL), E
SOMENTE ALIMENTANDO A PLANTA, SERÁ POSSÍVEL ALIMENTAR O
HOMEM, BEM COMO PRODUZIR FIBRAS E ENERGIA”.**



1

