



VIII SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Atualidades no manejo do solo para produção de cana-de-açúcar no Cerrado

Thomaz A. Rein, João de Deus G. Santos Júnior, Djalma M. G. de Sousa

Embrapa Cerrados





CONTEXTO

Expansão da área colhida com cana no Brasil (2000-2015):

- Brasil: 110%
- SP: 122%
- Região Centro-Oeste: 368%
- Cerrado mineiro: 300%
- Nordeste: -2%

Goiás: 0,912 milhão ha em 2015 (2º produtor nacional)

Apresentação:



- Introdução;
- Resultados experimentais sobre o uso do gesso na correção da acidez subsuperficial e como fonte de enxofre no Cerrado;
- Resultados iniciais com plantio direto de cana e correção da acidez neste sistema;
- Resultados experimentais sobre adubação fosfatada;
- Resultados iniciais sobre manejo da adubação fosfatada em plantio direto.



Uso do gesso na correção da acidez subsuperficial e como fonte de enxofre



Comunicado 177 Técnico

ISSN 1517-1469
ISSN online 2178-5073
Planaltina, DF
Agosto, 2015

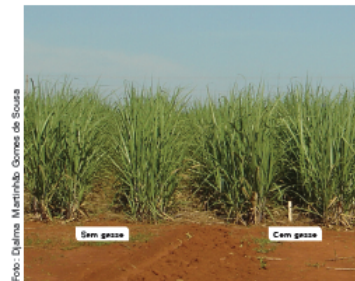
Recomendações para Correção da Acidez do Solo para Cana-de-Açúcar no Cerrado

Djalma Martinhão Gomes de Sousa¹

Thomaz Adolpho Rein²

Rafael Souza Nunes³

João de Deus Gomes dos Santos Junior⁴



A cana-de-açúcar apresenta elevada tolerância à acidez do solo (QUAGGIO; RAJ, 2008) e, para a otimização da produtividade, requer níveis de calagem ou saturação por bases (V) na camada arável inferiores aos recomendados para as culturas anuais em geral. Ainda assim, responde positivamente à calagem em solos muito ácidos. O desempenho da cultura é afetado também pelas condições de acidez das camadas subsuperficiais, sendo esta constatação a base dos sistemas de classificação dos ambientes edáficos de produção de cana-de-açúcar (DEMATTE; DEMATTE, 2009; PRADO et al., 2008). A produtividade da cultura é consistentemente superior em solos eutróficos e mesotróficos com maiores teores de bases e menores teores e (ou) saturação por alumínio no horizonte B em relação aos solos distróficos, álicos e ácricos. A correção da acidez deve ser feita, tanto na camada superficial (0 cm a 20 cm) como na subsuperficial (até pelo menos 80 cm). Isso possibilitará maior desenvolvimento do

sistema radicular da cana-de-açúcar, ocasionando exploração de maior volume de solo com maior eficiência no uso dos fertilizantes aplicados, bem como a água armazenada no perfil.

Correção da Acidez Superficial

A prática utilizada para correção da acidez na camada superficial (0 cm a 20 cm) do solo é a calagem. Níveis de calagem superiores aos necessários para otimizar a produtividade apenas da cana-planta podem ser recomendados, considerando-se o baixo custo do calcário em geral, a oportunidade de incorporação com o preparo do solo e a expectativa de longo efeito residual, garantindo o pleno desempenho das socas. O índice de pH em água a ser atingido é de 5,5 a 6,3, pois, nesse intervalo, as plantas têm boas condições de assimilação dos nutrientes fósforo, potássio, enxofre, nitrogênio, molibdênio e pouco prejuízo para a adequada absorção dos outros micronutrientes.

¹ Químico, mestre em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Soil and Crop Science, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

“Recomendações para Correção da Acidez do Solo para Cana-de-Açúcar no Cerrado”

Djalma M. G. de Sousa
Thomaz A. Rein
Rafael Souza Nunes
João de Deus G. Santos Jr.

Embrapa Cerrados

<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1026363/recomendacoes-para-correcao-da-acidez-do-solo-para-cana-de-acucar-no-cerrado>

Recomendações de calagem (critérios):

- V=50% (70% para solos arenosos, $T < 4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$)
- Considerar a profundidade de incorporação

Recomendações de gesso (critério Embrapa Cerrados):

- Probabilidade de resposta a gesso (análise do subsolo):

Alta: Al $> 40\%$ e Ca $< 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$

Média: Al entre 20-40%

- Recomendação de gesso (para culturas perenes):

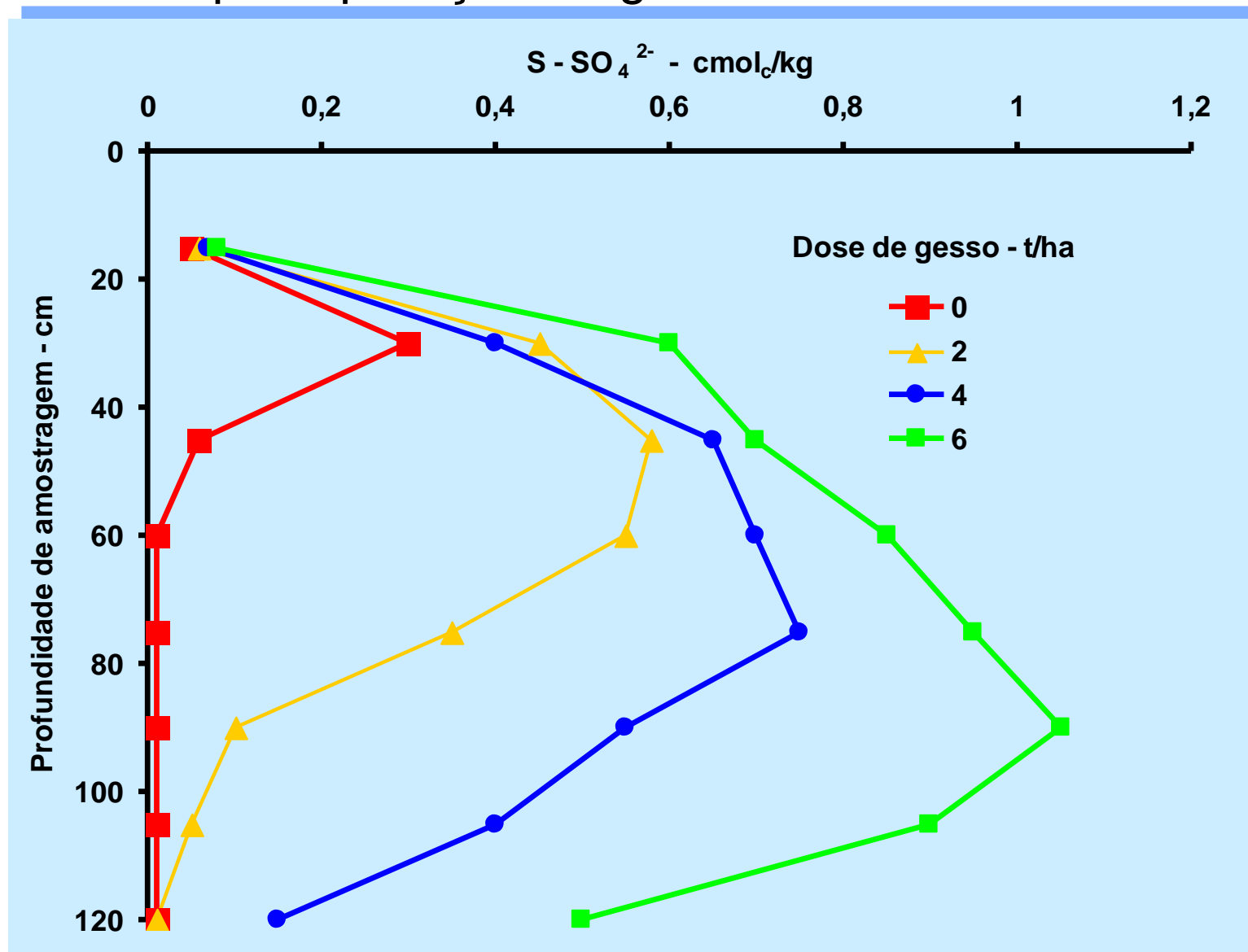
Dose de gesso (kg/ha) = 75 × teor de argila (%)

LV distrófico argiloso – Brasília-DF

-39 meses após aplicação do gesso



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR

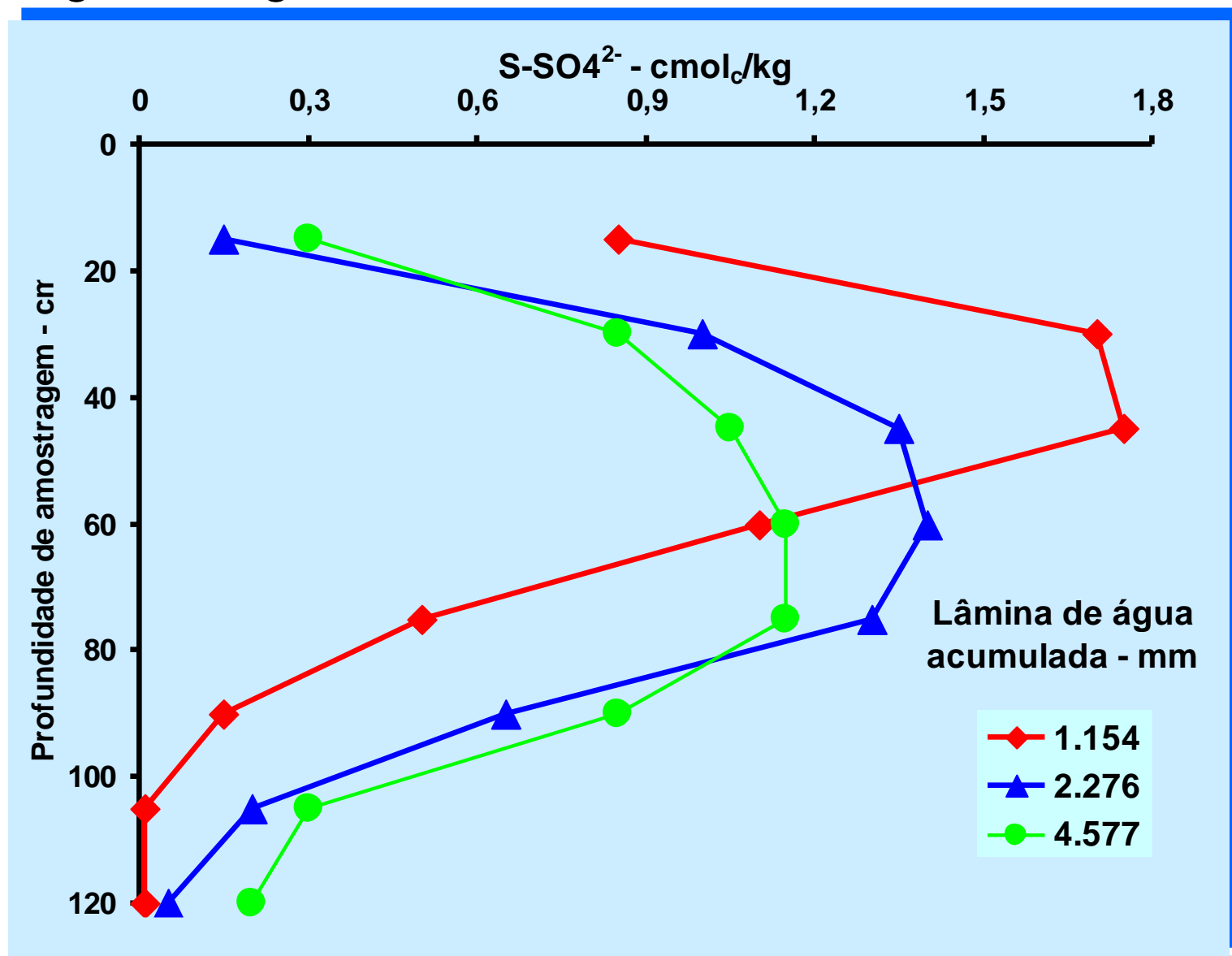


LV distrófico argiloso - Brasília-DF

-6,0 t/ha gesso argamassa



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Experimento Gesso-1

Embrapa Cerrados, Brasília-DF



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Cana-planta – RB 86-7515



Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso

Expansão em área de cerrado



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Prof.	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	CTC (pH 7,0)	Sat. Al	Sat. bases	S	P Mehlich 1
cm		-----cmol _c /dm ³ -----				-----%-----		mg/kg	mg/dm ³
0 a 20	4,9	0,19	0,06	0,09	8,60	77	4	4,4	0,8
20 a 40	5,0	0,27	0,02	0,05	6,94	73	5	3,4	0,6
40 a 60	5,0	0,16	0,01	0,03	5,50	75	4	2,8	0,5

Teor de argila → 0 a 20: 62%; 20 a 40: 65%; 40 a 60: 66%.



Gesso aplicado após o
plantio da cana (07/2009)



Irrigação de 130 mm no
período de julho a
setembro/2009





Sem gesso



Com gesso



2ª. soca

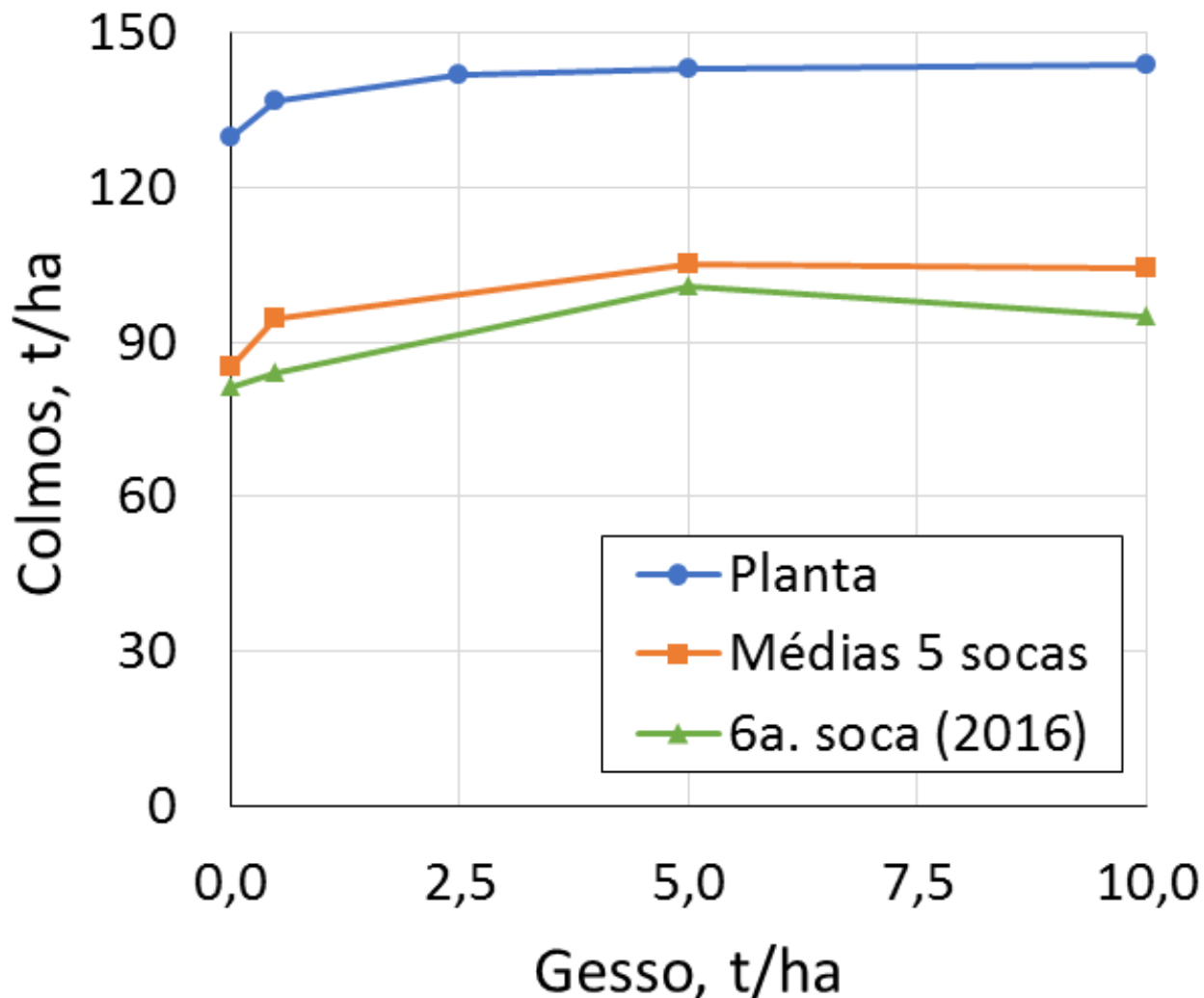


Experimento Gesso-1

Embrapa Cerrados, Brasília-DF



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Dose recomendada:
5,0 t/ha



Experimento Gesso-1 (Brasília-DF)

Ganhos de produtividade com gesso (médias de 7 cortes):

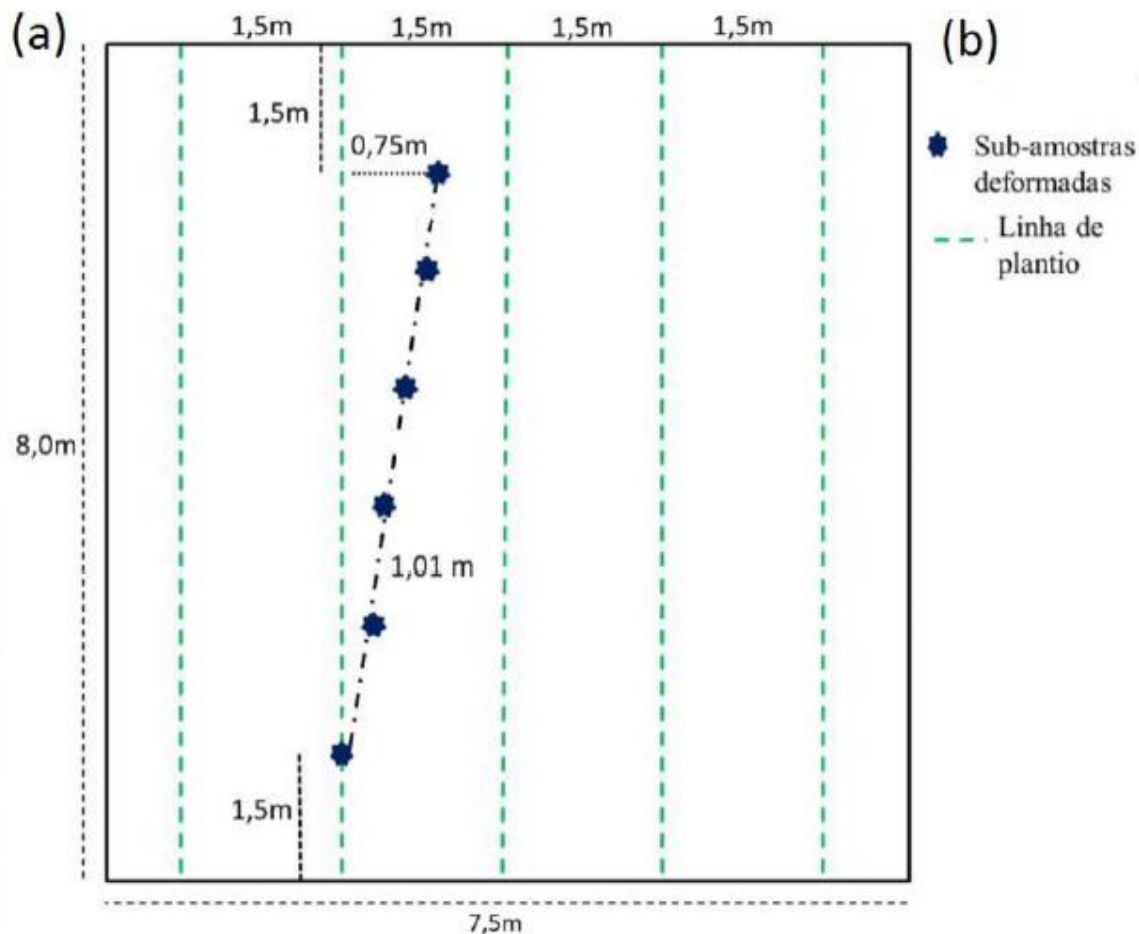
→ [TCH 0,5 t/ha gesso – TCH 0,0 t/ha gesso]= 8,1 t/ha/corte
(~efeito do enxofre)

→ [TCH 5,0 t/ha gesso – TCH 0,5 t/ha gesso]= 10,9 t/ha/corte
(~efeito corretivo da subsuperfície)

TOTAL = 19,0 t/ha/corte

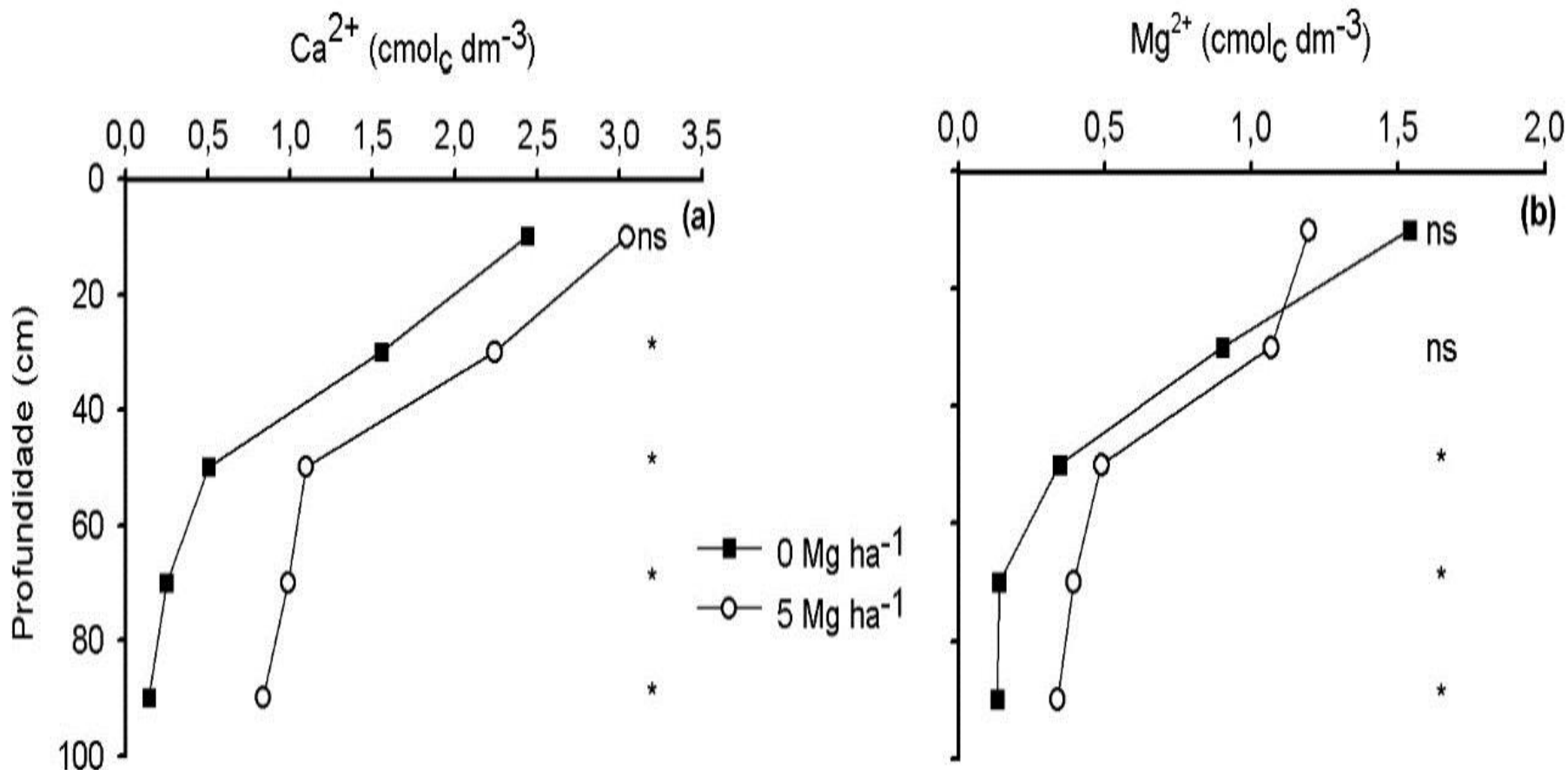
Esquema de amostragem do solo

50 meses após a aplicação do gesso



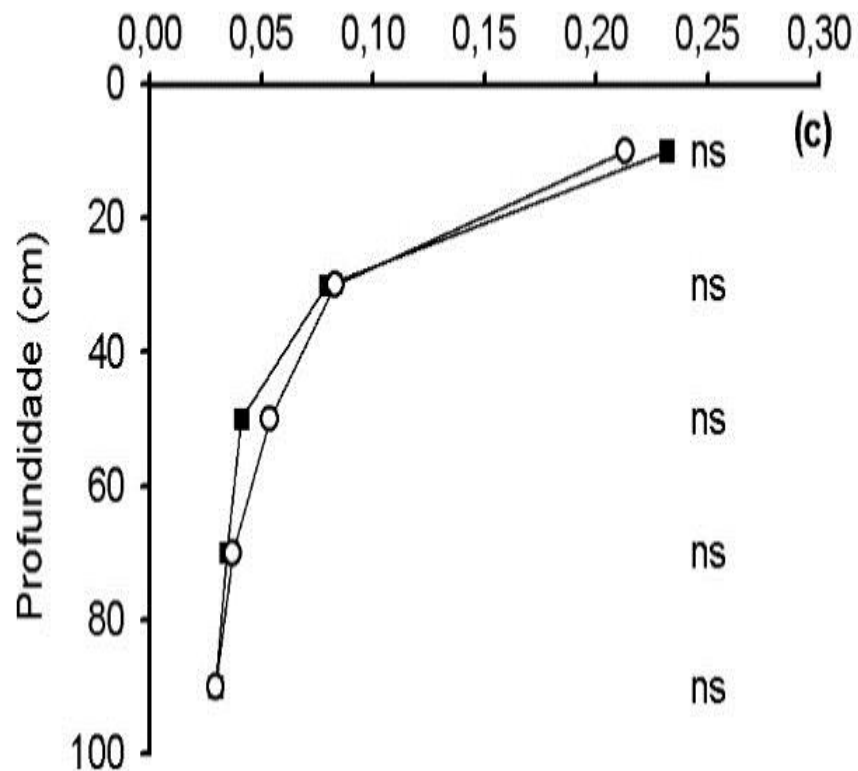
Atributos do solo (0-100 cm)

50 meses após aplicação do gesso (doses de 0,0 e 5,0 t/ha)

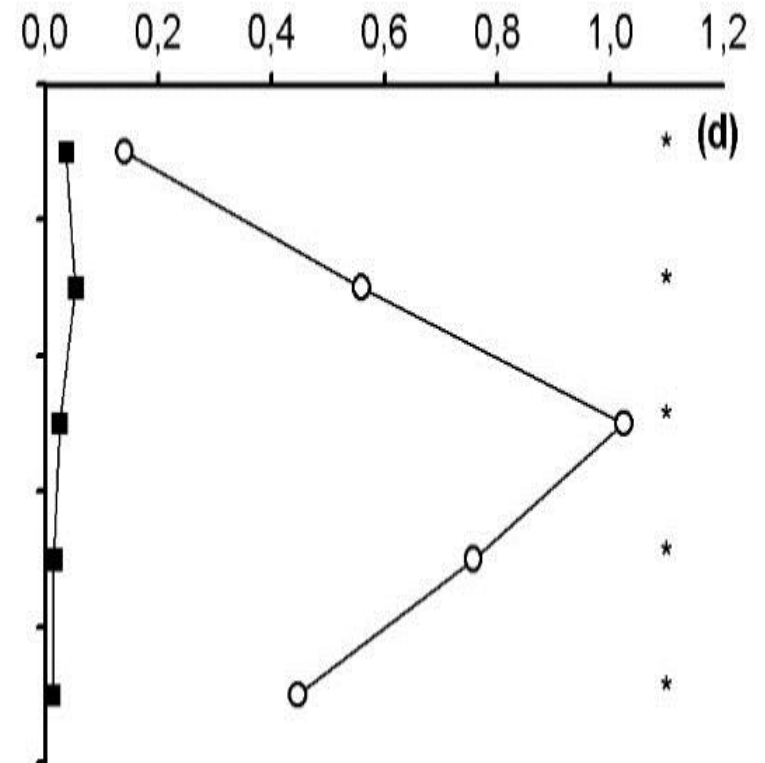


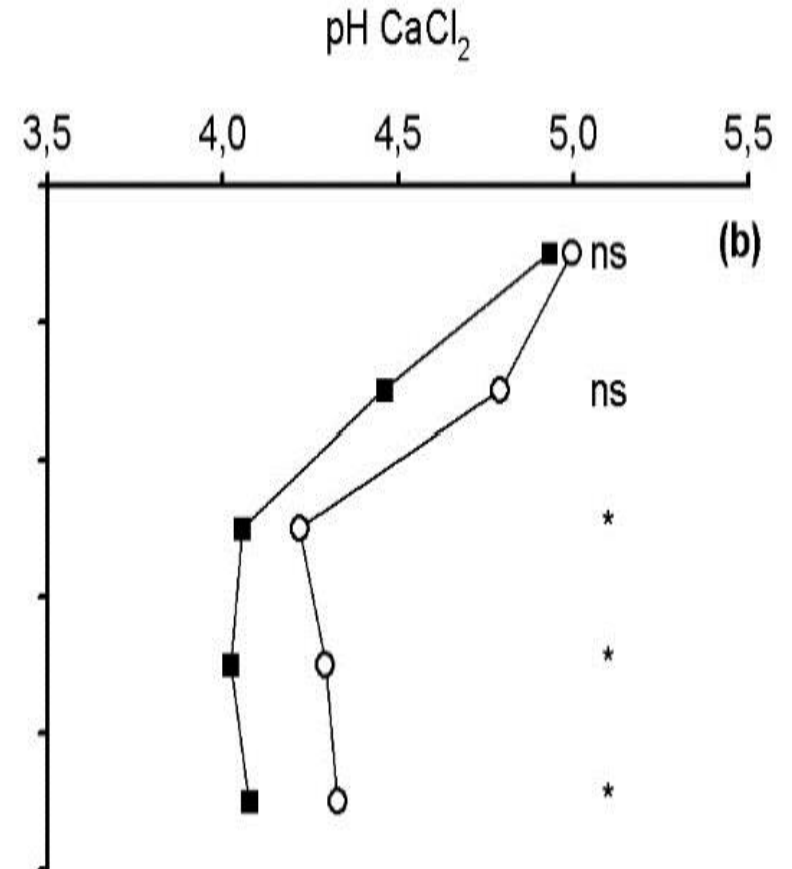
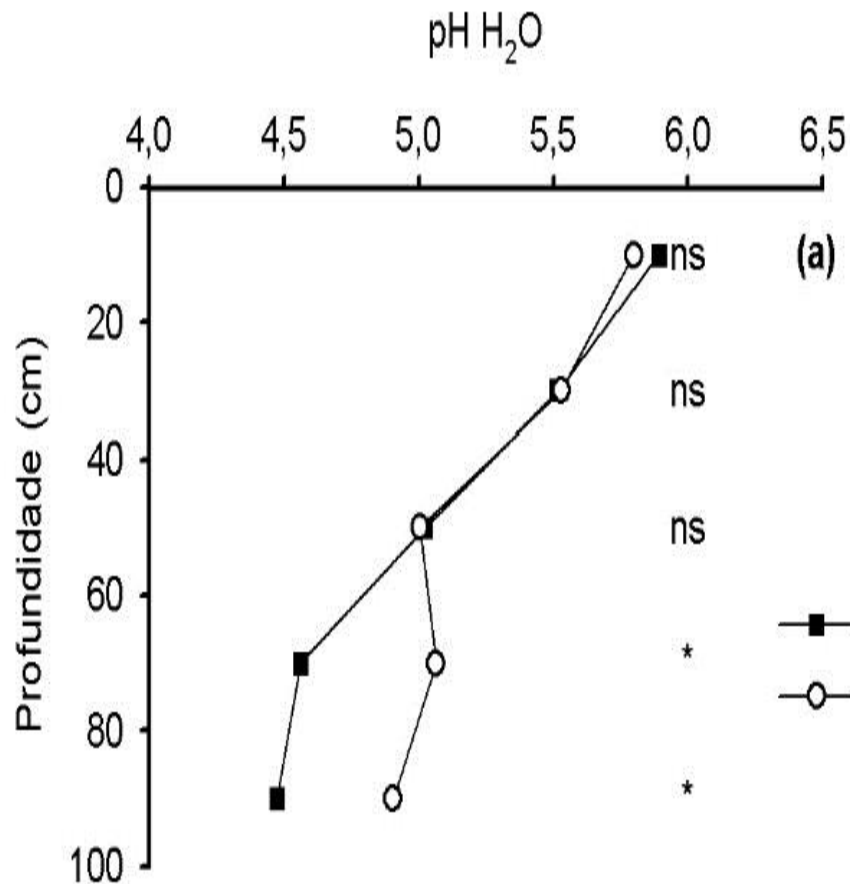


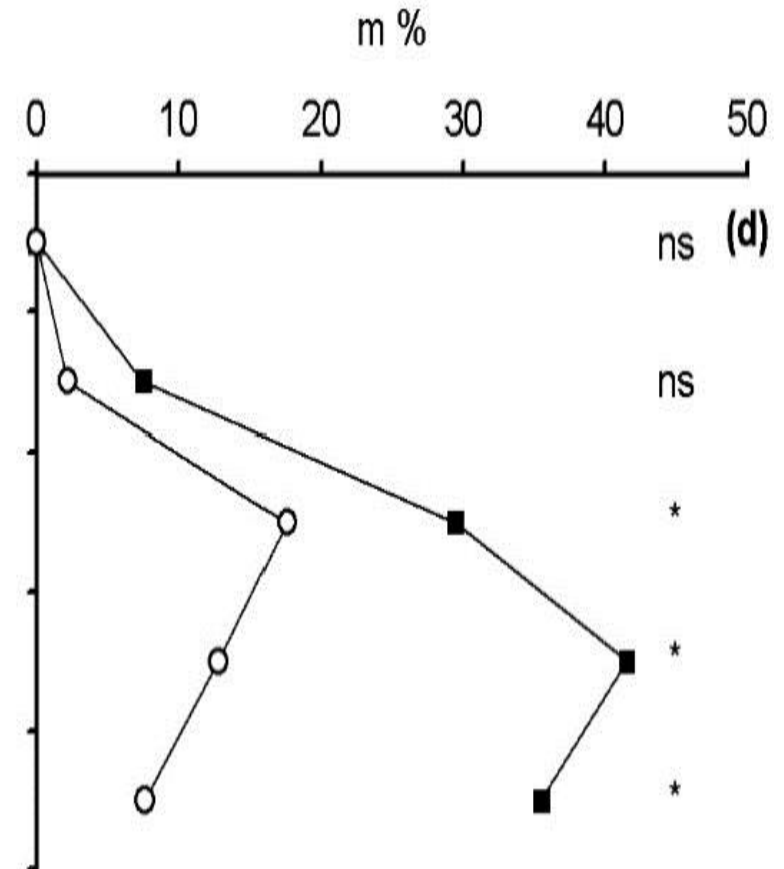
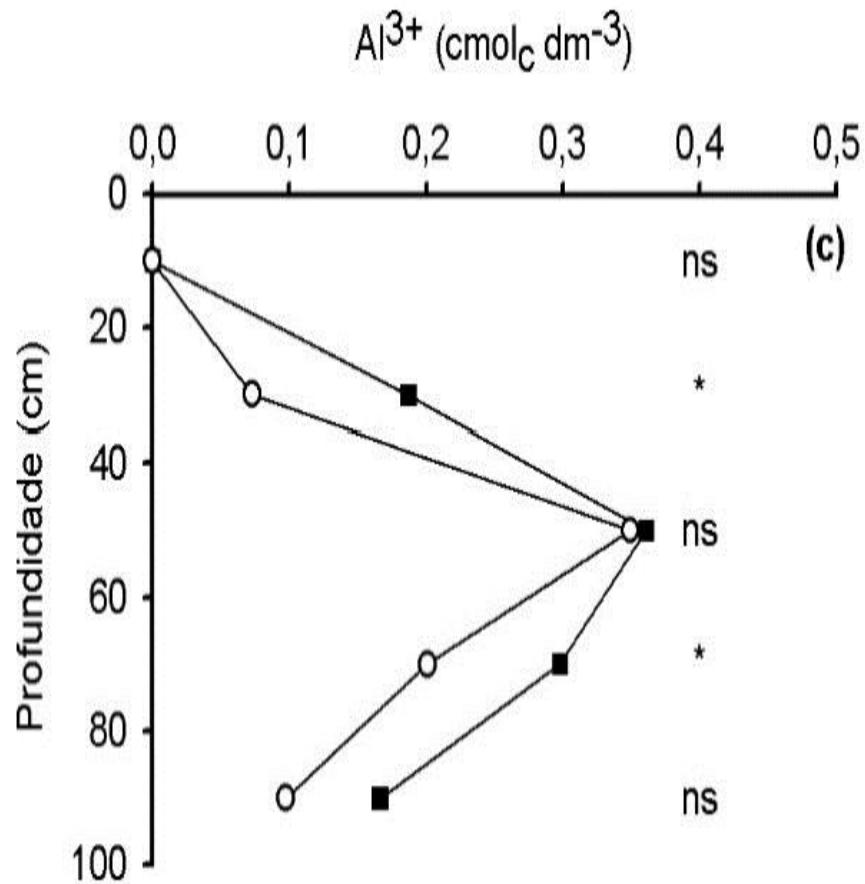
K^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)

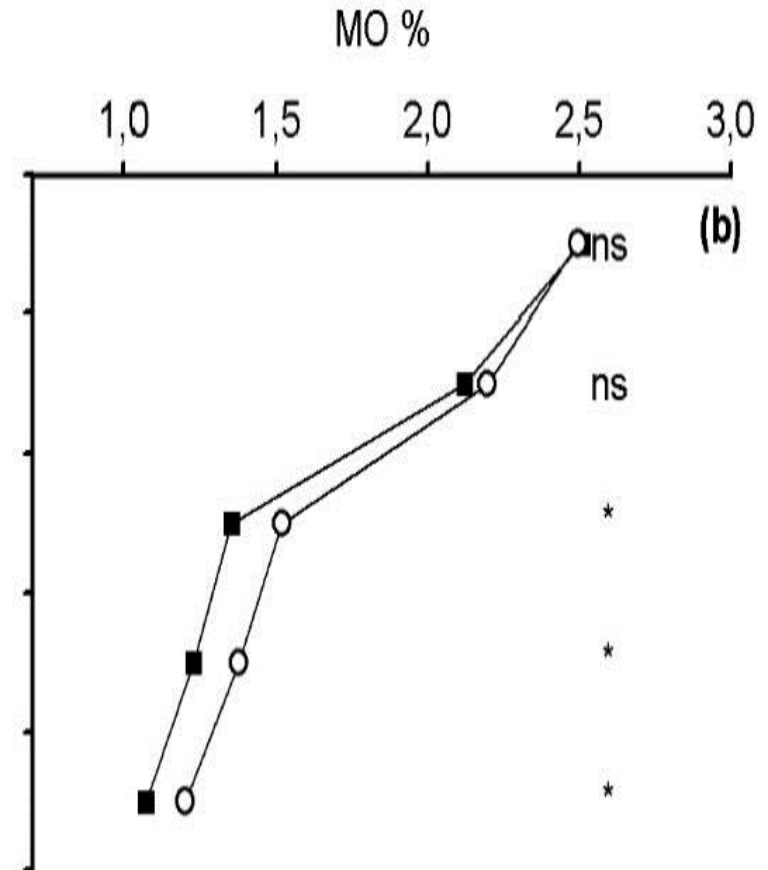
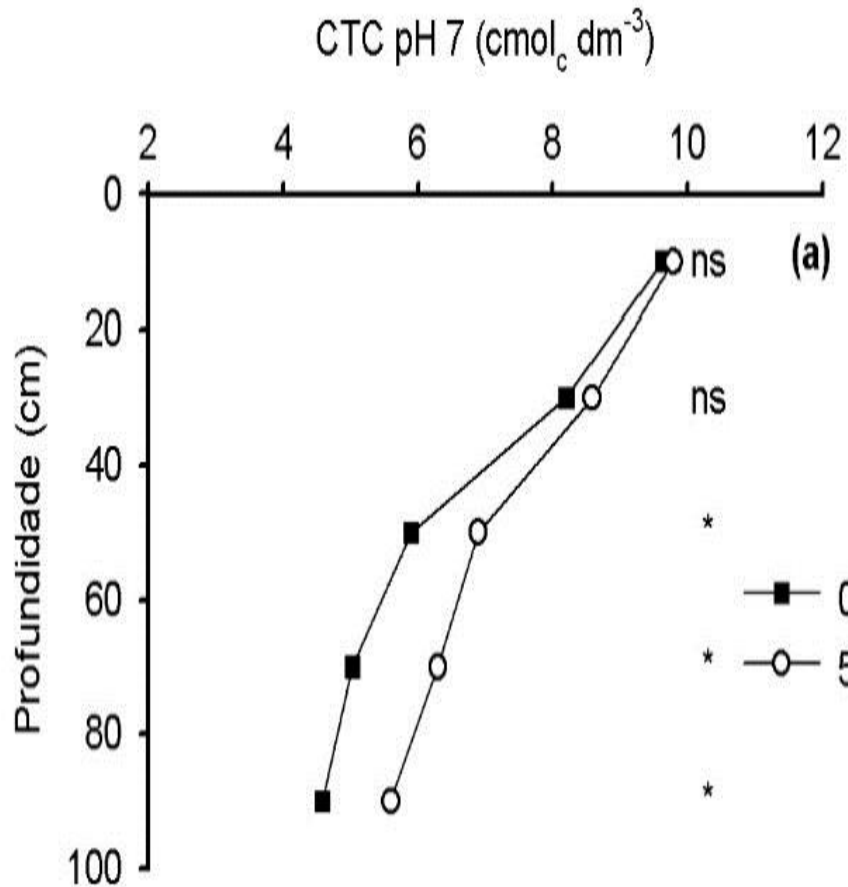


$S\text{-SO}_4^{2-}$ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)





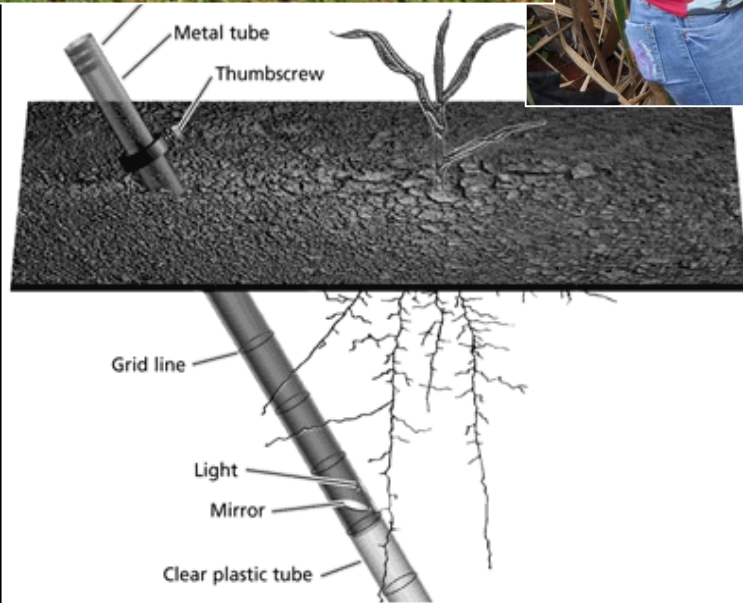






Avaliação do desenvolvimento de raízes em resposta ao gesso

Técnicas destrutivas (trado) e *minirrizotron*



Experimentos “exploratórios”



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Manejo padrão da usina vs. corretiva P; gesso; escória; micros



Anicuns, GO; CTC-4
08/2010



João Pinheiro, MG: RB 72-454
09/2010



João Pinheiro, MG: RB 86-7515
11/2010

Experimentos “exploratórios”



Ganhos de produtividade com o gesso:

Ca	Sat. Al	Trat. “completo”		Δ (– gesso) ²	
		planta	soca ¹	planta	soca ¹
cmol _c /dm ³	%	-----t/ha colmos-----			
João Pinheiro - LA distrófico text. média; expansão; 1,2 t/ha gesso					
0,2	50	110,4	70,7	-4,8	-4,4
João Pinheiro - LA distrófico text. média; 1 ^a . reforma; 1,2 t/ha gesso					
0,1	50	115,5	59,9	-6,9	-4,4
Anicuns - LV distrófico argiloso; 1 ^a . reforma; 4,0 t/ha gesso					
1,0	0	99,9	69,0	-0,1	-4,6

¹ 1^a. soca em João Pinheiro e 2^a. soca em Anicuns;

² 30 kg/ha de S (nutriente) aplicado na cana-planta nos experimentos em João Pinheiro.

Experimento gesso 2

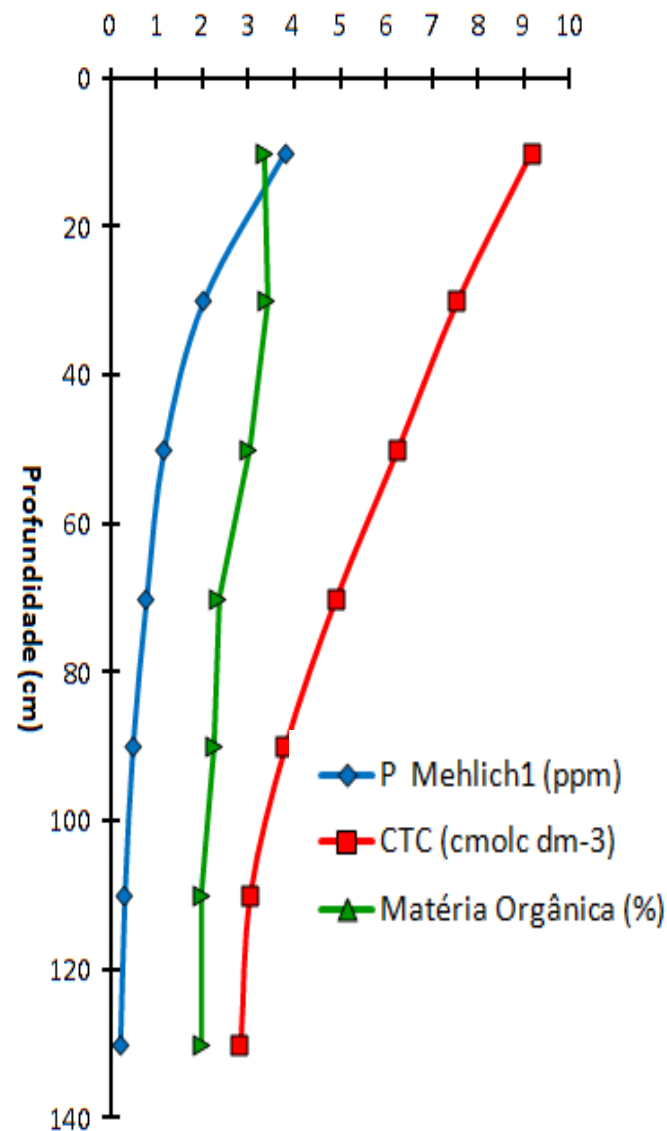
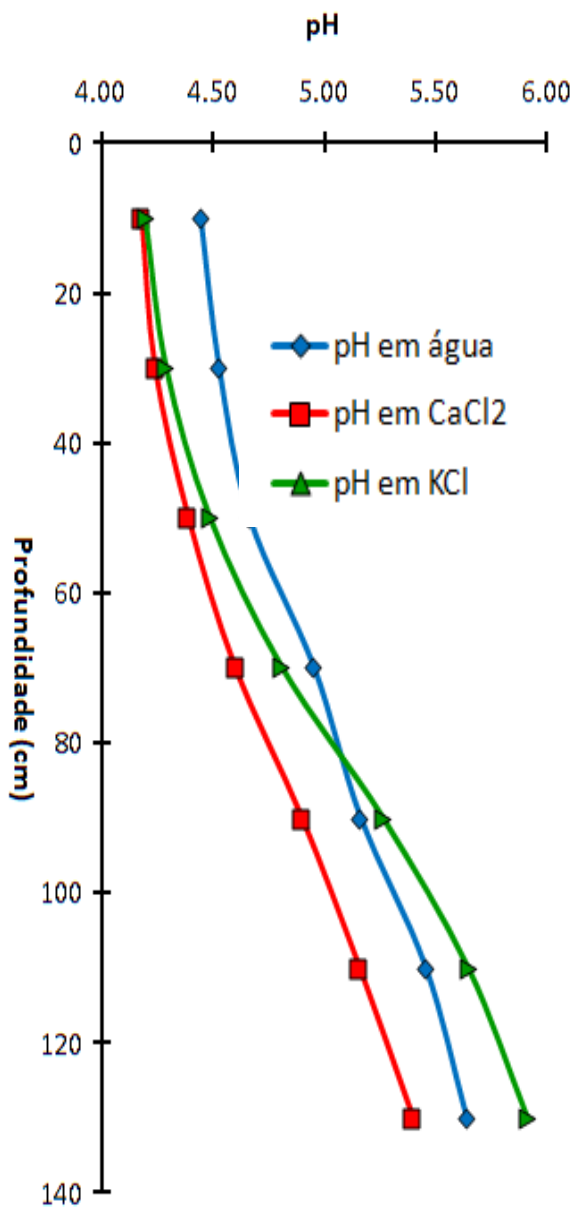
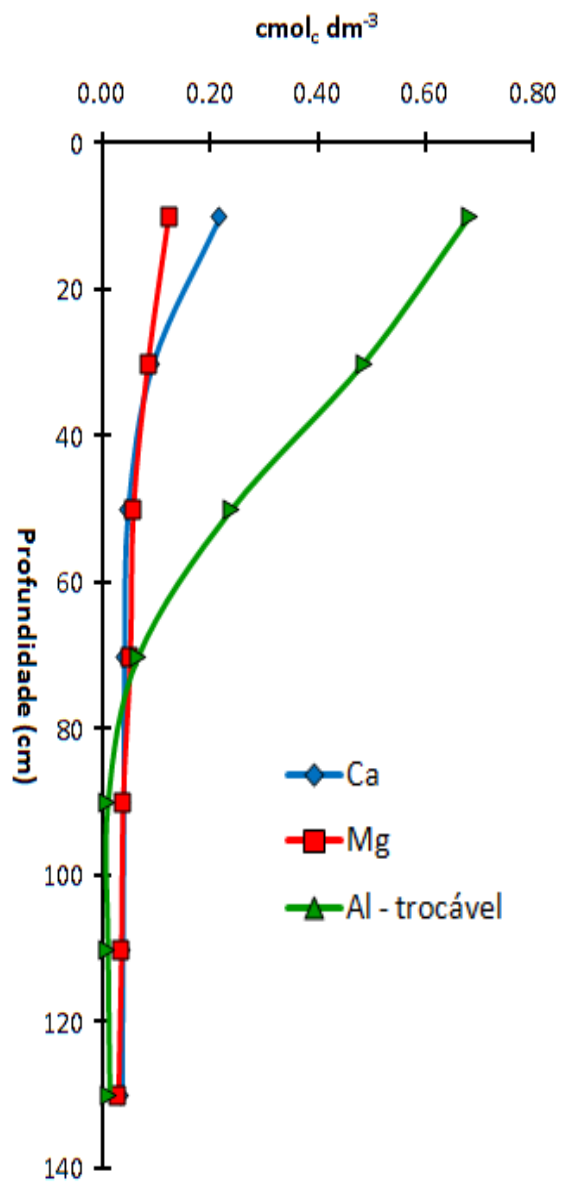
-Usina Goiasa, Goiatuba, GO



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



LV acriférrico argiloso



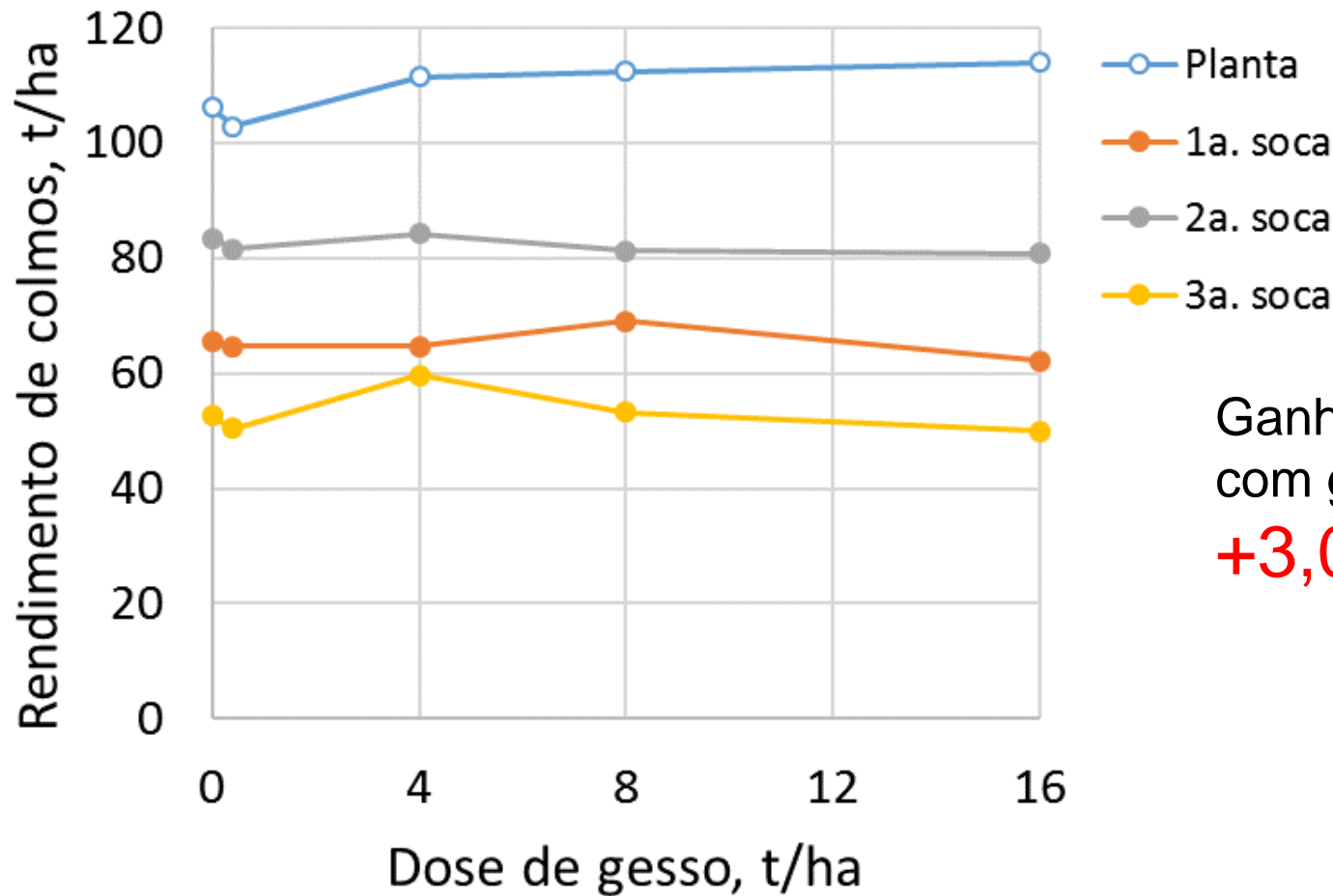
Experimento na usina Goiasa, março 2011



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



RB 86-76515 (final de safra)
Gesso aplicado no plantio (2011)
Calagem: 4 t/ha



Ganho médio de TCH
com gesso (0-4 t/ha):
+3,0 t/ha/corte

Experimento gesso 3 – Usina Jalles Machado, Goianésia-GO – Latossolo á



Prof	pH água	pH CaCl2	Al ³⁺	Ca	Mg	K	Acid. Pot	CTC	P
cm					cmol _c /dm ³				ppm
0 - 20	5,06	3,97	0,56	0,27	0,29	0,25	5,34	6,15	0,81
20 - 40	5,01	4,07	0,34	0,03	0,11	0,10	4,76	5,00	0,35
40 - 60	4,96	4,15	0,22	0,08	0,11	0,06	3,70	3,95	0,20

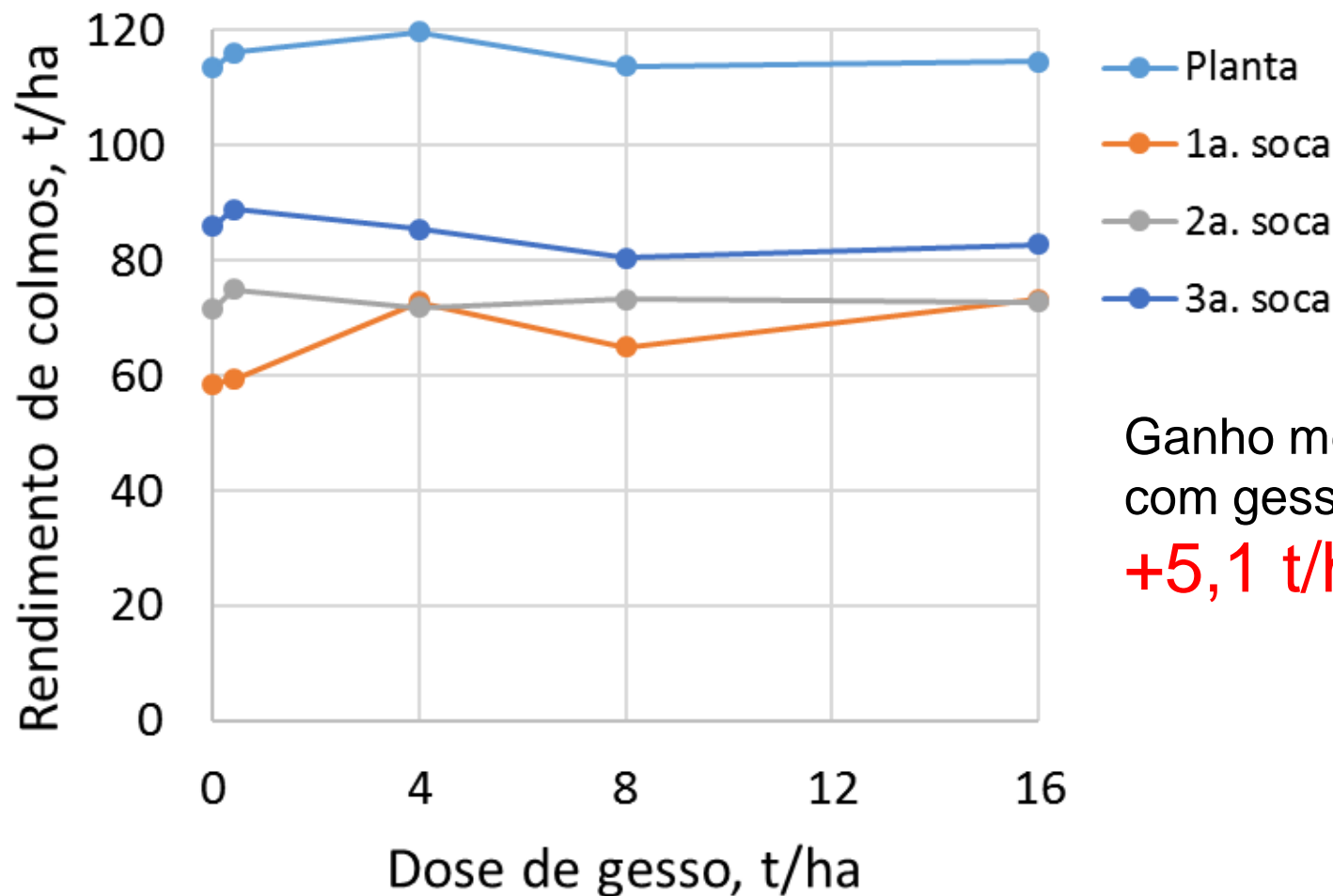
CTC-2 (início de safra)

Gesso aplicado no plantio (2013)

Calagem: 3 t/ha



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Ganho médio de TCH
com gesso (0-4 t/ha):
+5,1 t/ha/corte

Exp. Gesso e calcário em soqueira

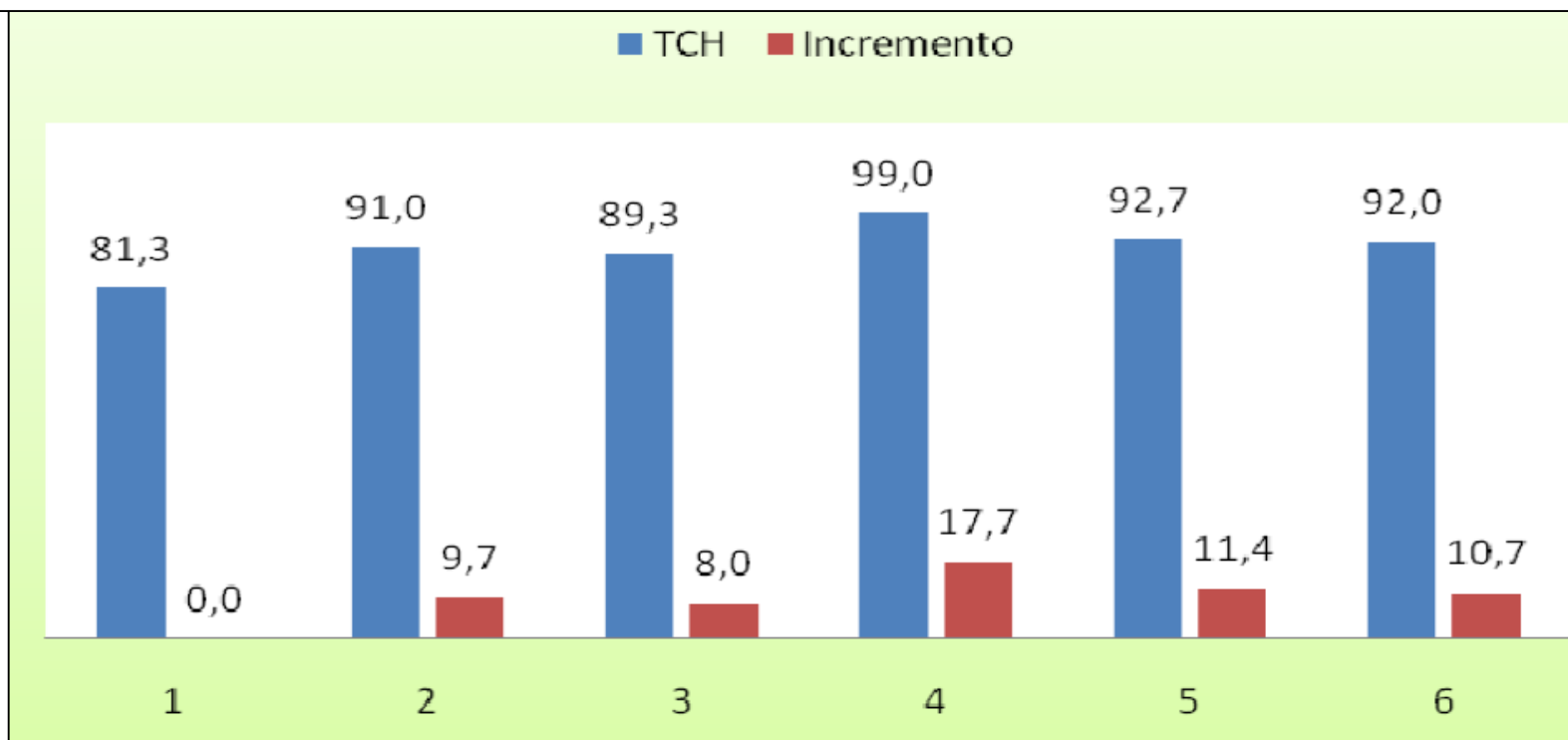


-Usina Goiasa, Goiatuba-GO

-LVA ácido text. média (Ca=1 cmol_c/dm³ 0-20 cm)

-Médias 4 reps.

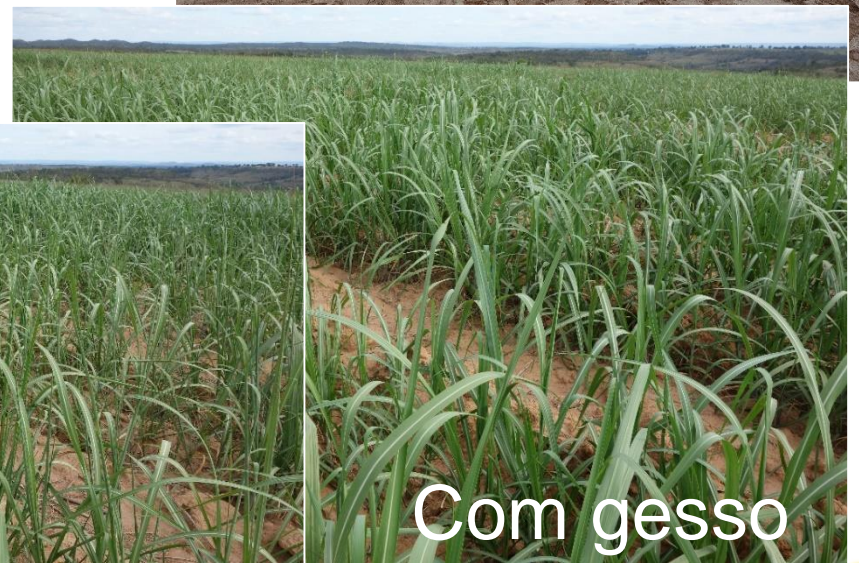
Gesso (t/ha)	0,0	1,0	2,0	1,0	2,0	0,0
Calcário (t/ha)	0,0	0,0	0,0	3,6	3,6	3,6



Novo experimento de correção da acidez superficial e subsuperficial na Usina WD – João Pinheiro, MG



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



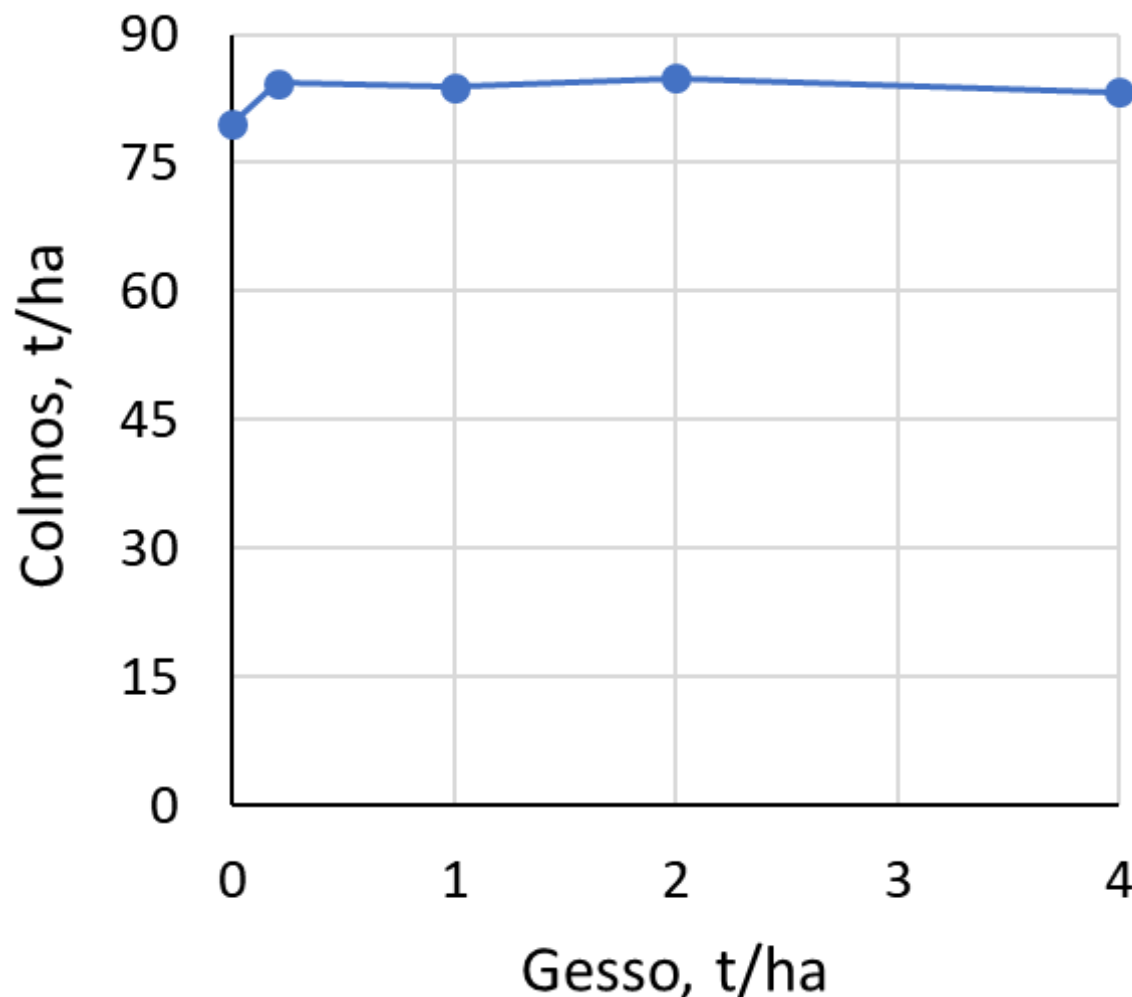
Exp. acidez; Usina WD, João Pinheiro-MG



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



LA distrófico text.média (expansão cerrado); 3,2 t/ha calcário
SP 80-1842



Ganho médio TCH
com gesso:
+4,5 t/ha

Economicidade do uso do gesso

Base - preços 2017

- Custo do gesso na unidade produtora:
(Catalão-GO, Uberaba-MG, Cubatão-SP, Grajaú-MA,
Araripina-PE): R\$35-85/t
- Custo da aplicação a lanço:
~R\$40-50-60/ha para doses de 1,5 - 3,0 - 4,5 t de gesso
- Preço da cana na esteira da usina: R\$80/t
- Custo CTT: R\$30/t



Ganho necessário de TCH para amortização do gesso

Custo na fonte: R\$80,00/t

Frete gesso	Δ TCH para amortização das doses gesso		
	1,5 t/ha	3,0 t/ha	4,5 t/ha
R\$/t	-----t/ha de colmos-----		
50	4,7	8,8	12,9
100	6,2	11,8	17,4
150	7,7	14,8	21,9

Exp. acidez; Usina WD, João Pinheiro-MG

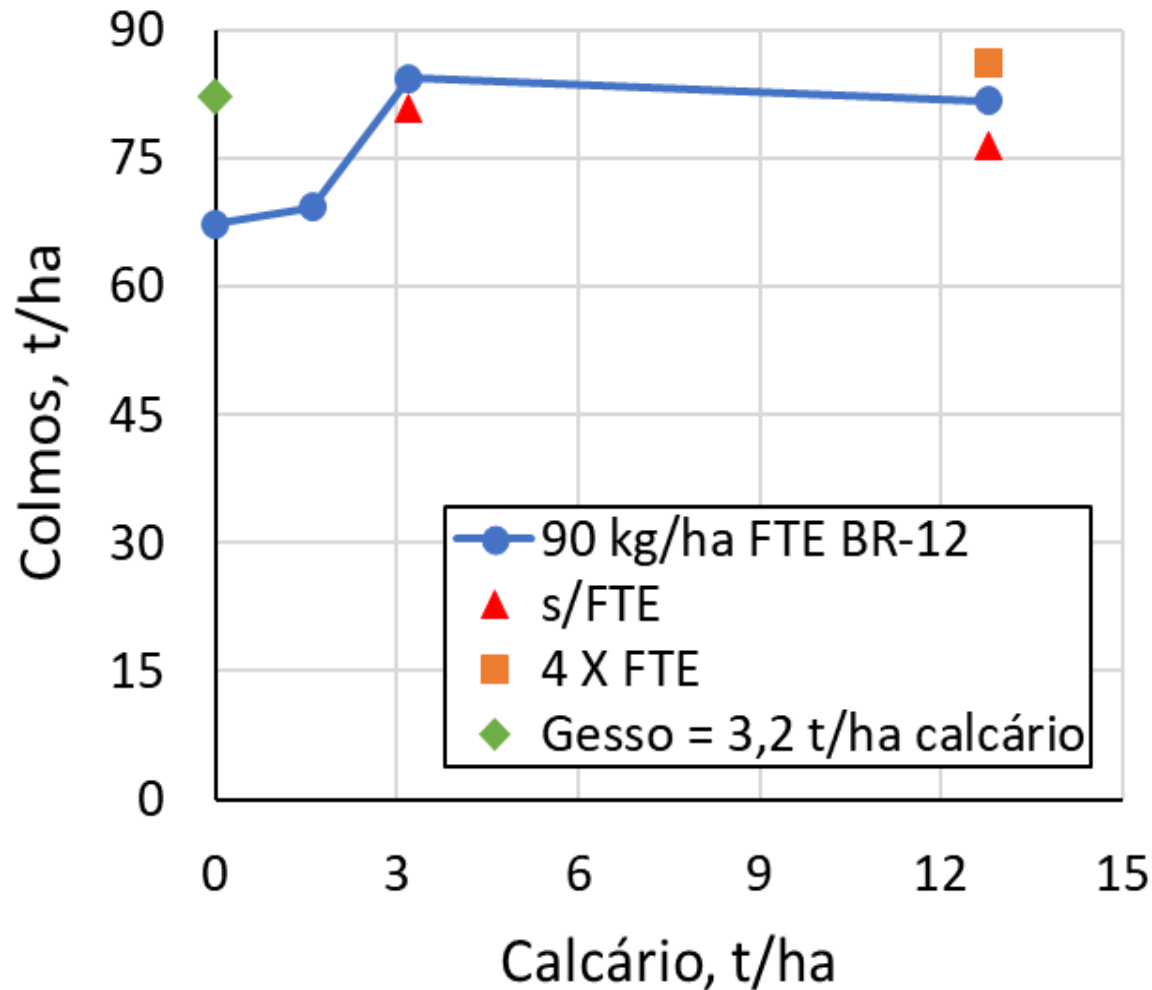


VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



LA distrófico text.média V= 3% (expansão cerrado)

SP 80-1842



Exp. Acidez – Embrapa Cerrados

LV distrófico arg.; V=9%, pH (água)=4,6



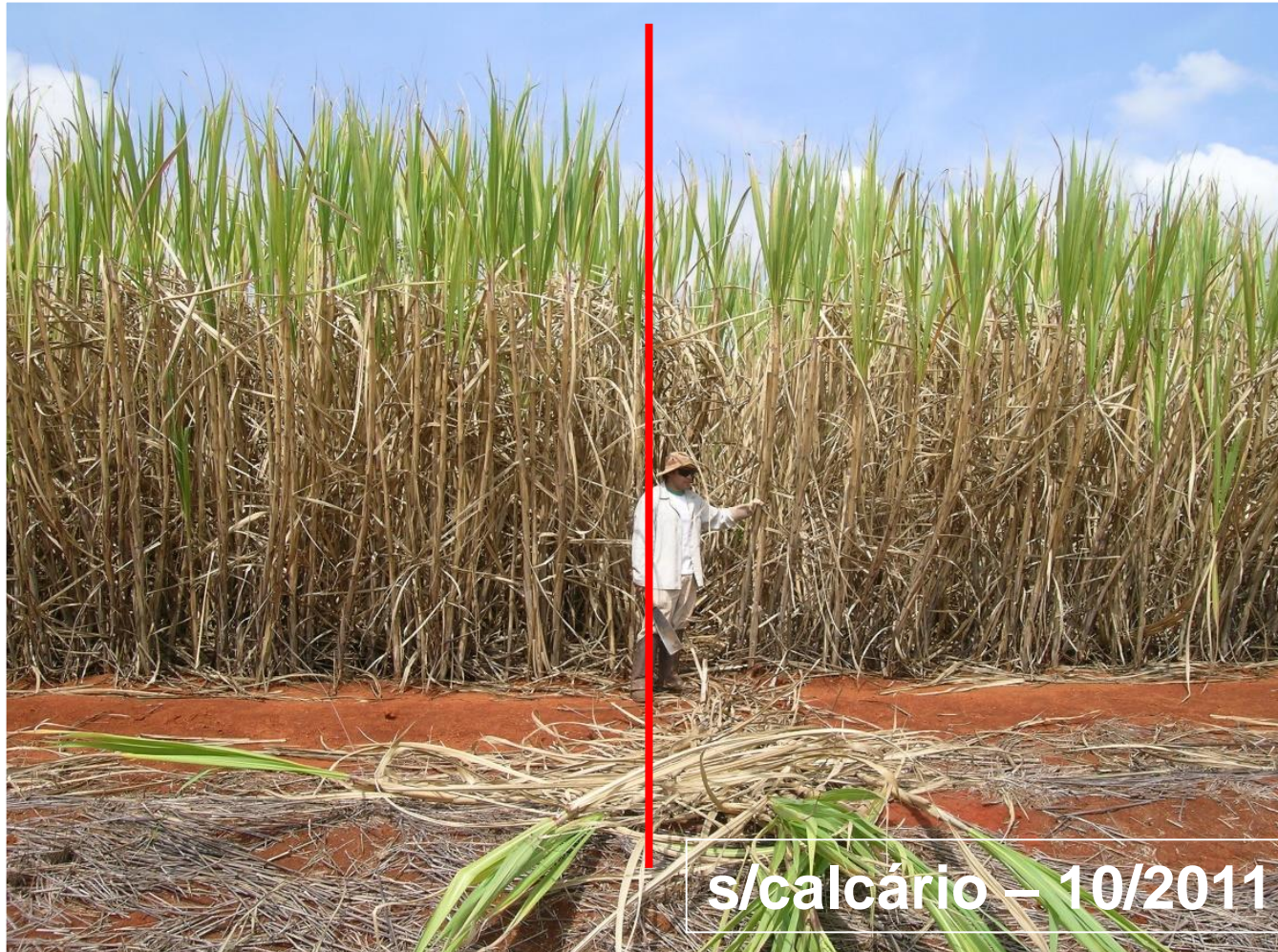
VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE



06/07/2010



RB 93-5744



s/calcário – 10/2011



Tratamento	Rendimento colmos		
	2011	2012	2013
	-----t/ha-----		
A) Testemunha	121,5	59,9	86,2
B) 2,5 t/ha calcário	136,7	74,2	104,9
C) 5,0 t/ha calcário	125,6	66,2	98,3
D) 7,5 t/ha calcário	142,4	81,6	113,3
H) Gesso + $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ²	152,0	80,2	114,3
Coef. de variação, %	8,4	18,1	12,6
Valor p (teste F)	0,009	0,1214	0,1365
DMS (5%) ³	16,7	19,9	19,2

² Ca e Mg aplicados na proporção molar de 10:1, em quantidade equivalente a 5 t/ha de calcário PRNT=100% (9,5 t/ha de gesso agrícola com 19% Ca e 1,3 t/ha de sulfato de magnésio com 9% Mg).

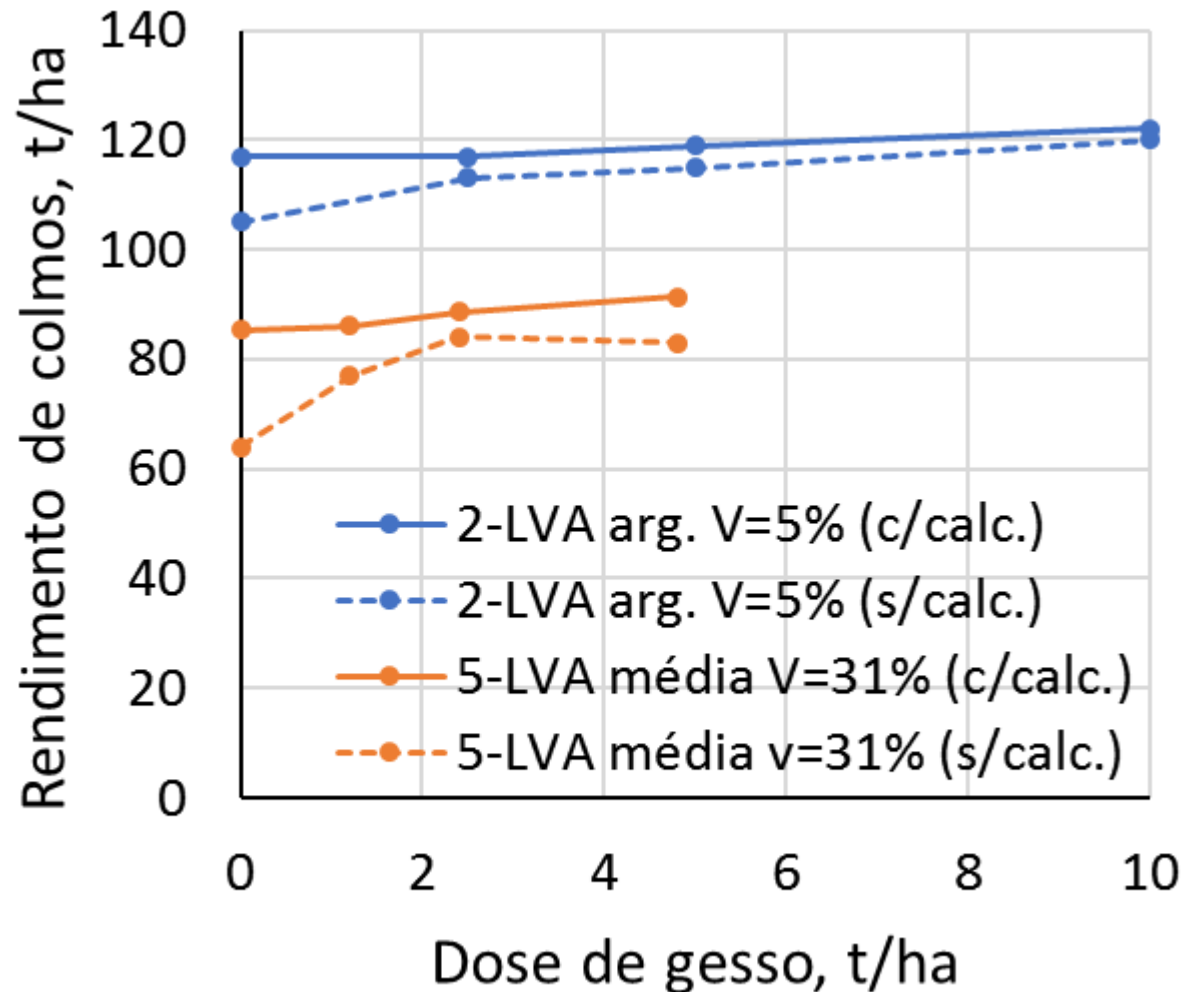
³ Diferença mínima significativa pelo teste t (tratamentos cuja diferença entre médias é inferior a este valor não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade).

-Alta tolerância da cana à acidez; tratamento apenas com gesso (sem calcário) propiciou produtividades máximas

Experimentos em SP (1980s)

Doses de gesso com e sem calcário

Médias de 4 cortes

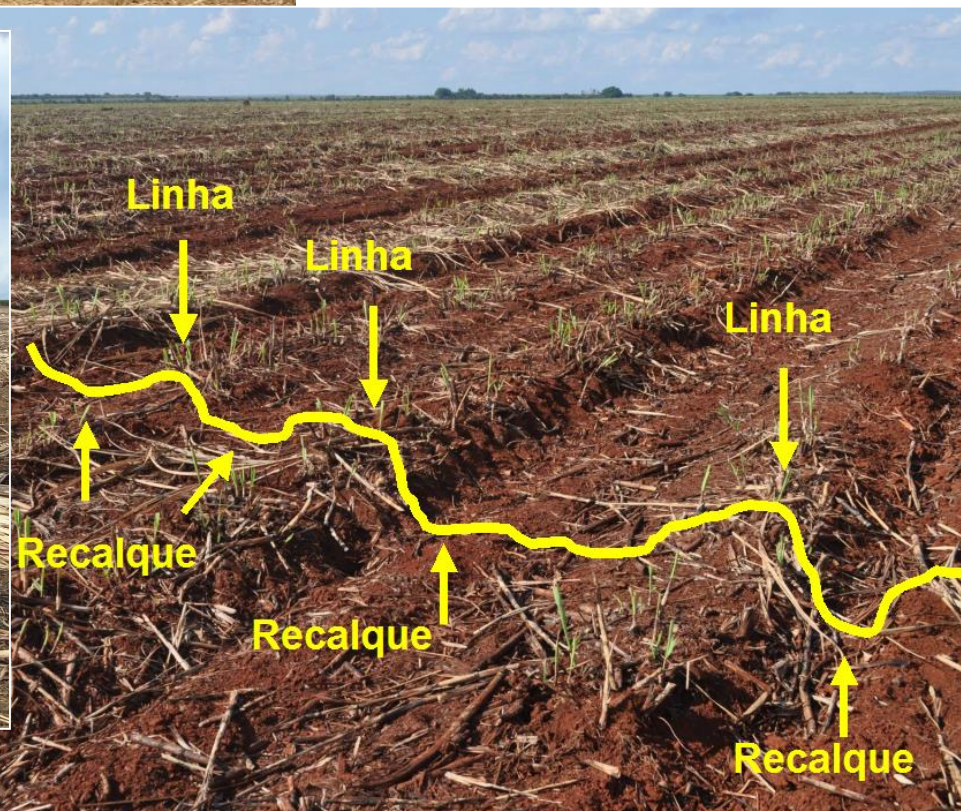




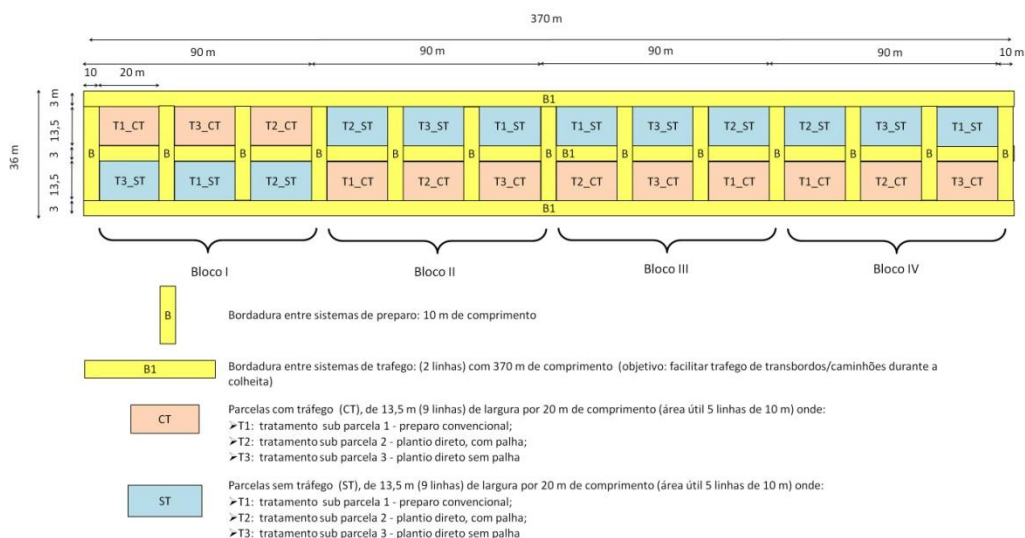
Resultados iniciais sobre correção da acidez em plantio direto



Compactação do solo?



Experimento de plantio direto - Usina Goiasa, Goaituba-GO -Implantado em abril de 2012

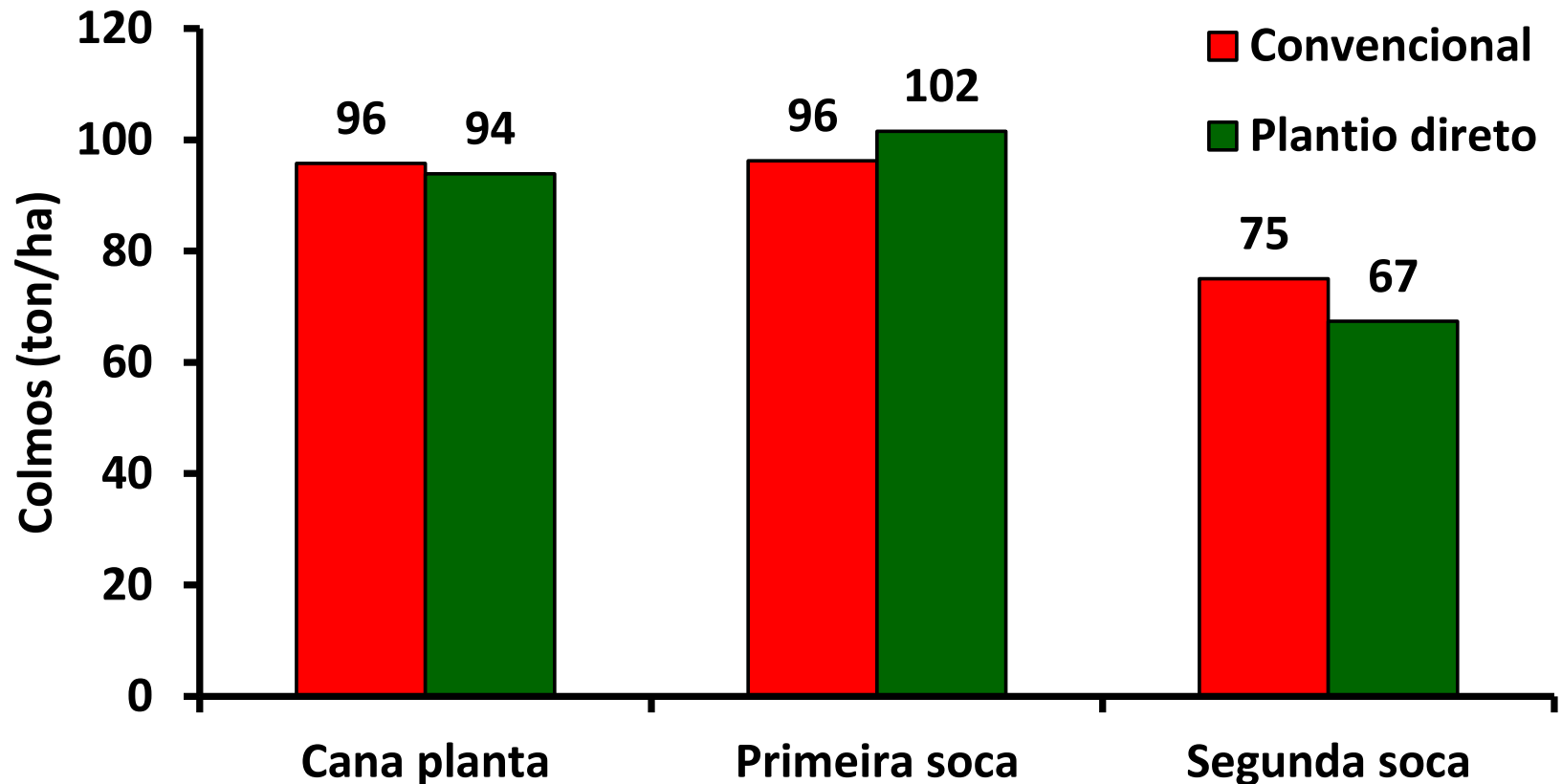


Us. Goiasa: 2.700 ha renovados sob plantio direto em 2012 (sem dados experimentais)

Exp. Usina Goiasa

-LV acriférrico text. muito argilosa

-colheita início de safra



Experimentos com preparo convencional vs. plantio direto de cana no Cerrado



Local	Solo		TCH c/preparo		Δ TCH s/prep – c/prep		Ref.
	Classe	Text.	Planta	Socas ³	Planta	Socas	
			-----t/ha/corte-----				
Goianésia-GO	LVA dist.	arg.	105	66 (1)	-6	-7	e
Quirinópolis-GO	LV acrif.	m. arg.	157	-	+3	-	f
Chap. do Céu-GO	LV dist.	m. arg.	150	-	+7	-	f
Dourados-MS	LV distrofér.	m. arg.	-	69 (1)	-	+6*	j
Rio Brilhante-MS	LV dist.	arg.	147	86 (1)	0	0	n
Goiatuba-GO	LV acrifér.	m. arg.	96	86 (2)	-2	-1	s
J. Pinheiro-MG	LV dist. ?	arg.	153	-	-13*	-	t

e) UFU - Arruda et al. (2016); f) UNICAMP/CTBE - Barbosa et al. (2016) – médias com e sem *Crotalaria spectabilis* na reforma; j) UFGD - Gomes (2017) – médias de três níveis de recolhimento do palhiço e com e sem escarificação da soqueira; n) UEMS - Silva Junior et al. (2013); s) Embrapa Cerrados - Sá et al. (não publicado); t) Embrapa Cerrados - Santos Júnior et al. (não publicado) - médias de cinco tratamentos de controle do *Sphenophorus levis*.

Experimento preparo do solo vs. alternativas de controle do *Sphenophorus* - Usina WD (J.D.G. Santos Jr.)



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



-27 experimentos com plantio direto de cana no Brasil



Local	Solo		Produtividade c/preparo ²		Δ Produtividade (s/prep. – c/prep.) ⁴		Ref. ⁵
	Classe	Textura ¹	Planta	Socas ³	Planta	Socas	
			-----t/ha/corte-----				
Ribeirão Preto-SP	LV eutroférico	argilosa	128	119 (2)	+5	+9	a
Guaíra-SP	LVA ?	argilosa	166	-	+5	-	b
Guaíra-SP	LV acriférico	argilosa	96	115 (1)	-5	+7	c
Guariba-SP	LV distrófico	média	102	-	-18	-	d
Goianésia-GO	LVA distrófico	argilosa	105	66 (1)	-6	-7	e
Iracemápolis-SP	NV ?	m. arg.	120	-	0	-	f
Quatá-SP	LV álico	arenosa	63	-	-11	-	f
Quirinópolis-GO	LV acriférico	m. arg.	157	-	+3	-	f
Chapadão do Céu-GO	LV distrófico	m. arg.	150	-	+7	-	f
Guariba-SP	LV distrófico	?	-	42 (1)	-	-3	g
Sales Oliveira-SP	LV eutroférico	argilosa	131	92 (3)	-1	+1	h
São Manuel-SP	LV distroférico	m. arg.	109	94 (1)	-13	-7	i
São Manuel-SP	LVA álico	média	74	79 (1)	-6	-10	i
Dourados-MS	LV distroférico	m. arg.	-	69 (1)	-	+6*	j
Linhares-ES	AA ?	arenosa	92	-	+1	-	k
Linhares-ES	AA ?	arenosa	-	72 (1)	-	-7	l
Guaíra-SP	LV acriférico	m. arg.	41	-	-9*	-	m
Rio Brilhante-MS	LV distrófico	argilosa	147	86 (1)	0	0	n
Macatuba-SP	LV ?	média	135	-	-3	-	o
Araras-SP	LV ?	argilosa	181	95 (1)	-15	+3	p
Cosmópolis-SP	LVA ?	média	116	72 (1)	+8	+8	p
Marília-SP	AVA	arenosa	51	45 (1)	-5	-2	p
Araçatuba-SP	AVA	arenosa	121	-	-3	-	p
Ribeirão Preto-SP	LV eutroférico	argilosa	120	69 (1)	+25	+3	q
Guariba-SP	LV distrófico	média	177	97 (1)	-15	-6	r
Guariba-SP	LVA distrófico	média	186	104 (1)	-13	-10	r
Goiatuba-GO	LV acriférico	m. arg.	96	86 (2)	-2	-1	s
João Pinheiro-MG	LV distrófico ?	argilosa	153	-	-13*	-	t
Média					-3,4	-0,9	

-3,4 -0,9


¹ Textura da camada arável: arenosa, média, argilosa, muito argilosa.

² Para experimentos com mais de um tipo de preparo do solo foi selecionado aquele de maior mobilização do solo (arado de aivecas > grade aradora > subsolagem/escarificação), e preferencialmente sistemas de preparo combinados (exemplo: subsolagem seguida de aração ou gradagem aradora).

³ Produtividade média dos cortes, com o número de socas entre parênteses.

⁴ * diferença significativa com e sem preparo do solo (p<0,05).

⁵ a) Bolonhezi e Gonçalves (2015) – médias de quatro níveis de calagem; b) Bolonhezi e Gonçalves (2015) – médias de sete culturas na reforma; c) Bolonhezi et al. (2010) – médias de cinco culturas e pousio na reforma; d) André (2009) – médias sem e com remoção do palhicho na reforma; e) Arruda et al. (2016); f) Barbosa et al. (2016) – médias com e sem *Crotalaria spectabilis* na reforma; g) Camilotti et al. (2005) – médias com e sem escarificação da soqueira; h) Castro e Franco (2016); i) Barbieri et al. (1997); j) Gomes (2017) – médias de três níveis de recolhimento do palhicho e com e sem escarificação da soqueira; k) Tavares e Zonta (2010) – médias com e sem queima na colheita; l) Lopes (2014) – médias com e sem queima na colheita, mesmo experimento da referência k; m) Ramos et al. (2016); n) Silva Junior et al. (2013); o) Coletti et al. (1981) - médias do plantio direto (sulcação) na linha e na entrelinha anteriores com destruição química da soqueira; p) Stolf (1985) – médias do plantio direto (sulcação) na linha e na entrelinha anteriores com destruição química da soqueira; q) Mutton (1983) – médias do plantio direto (sulcação) na linha e na entrelinha anteriores; r) Dias (2001) – médias de três variedades; s) Sá et al., Embrapa Cerrados (não publicado); t) Santos Júnior et al., Embrapa Cerrados (não publicado) - médias de cinco tratamentos de controle do *Sphenophorus levis*.



Correção da acidez do solo para cana-de-açúcar – expansão em área de pastagem com e sem preparo do solo para incorporação de corretivos

Prof cm	pH água	pH CaCl ₂	Al ³⁺	Ca	Mg	K	Acid. Pot	CTC	P ppm	M.O.	Sat. Base %
0 - 20	5,06	3,97	0,56	0,27	0,29	0,25	5,34	6,15	0,81	2,16	13
20 - 40	5,01	4,07	0,34	0,03	0,11	0,10	4,76	5,00	0,35	1,59	5
40 - 60	4,96	4,15	0,22	0,08	0,11	0,06	3,70	3,95	0,20	1,21	6



CTC-2 (início de safra)

- "Convencional": incorporação com aivecas e grade média
- "Direto": sem incorporação dos corretivos

Tratamento	Cana-planta		2 socas (médias)	
	Conv.	Direto	Conv.	Direto
	-----t/ha colmos-----			
Testemunha	109	110	73	61
Calcário (3,0 t/ha)	116	116	70	69
Gesso (3,7 t/ha)	118	122	76	68
Calc.+gesso	117	128	71	76

Adaptação de teste biológico desenvolvido para culturas anuais para avaliação da tolerância de genótipos de cana-de-açúcar à toxidez de Al e deficiência de Ca – *trabalho em andamento*



9 dias após transplante para solo ~90% AI



9 dias

CTC12 IAC873396 IACSP955000 RB867515
0,0 3,0 0,0 3,0 0,0 3,0 0,0 3,0

0,0 e 3,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3 \text{CaCO}_3$

Sorgo sacarino *BRS 506*
6 dias



LV-0,0

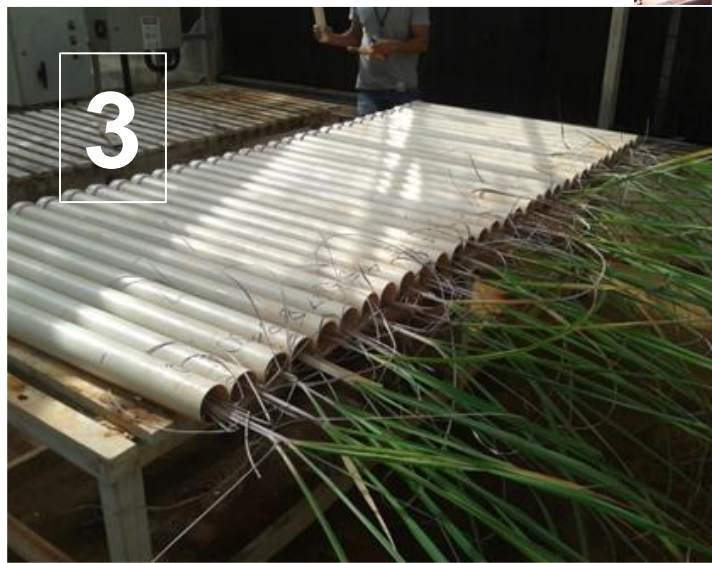
LV-3,0

Experimento em tubos de PVC (7,5 cm diâmetro)

Solo fértil 0,0-0,2 m; subsolo ácido ou corrigido 0,2-1,2 m



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR





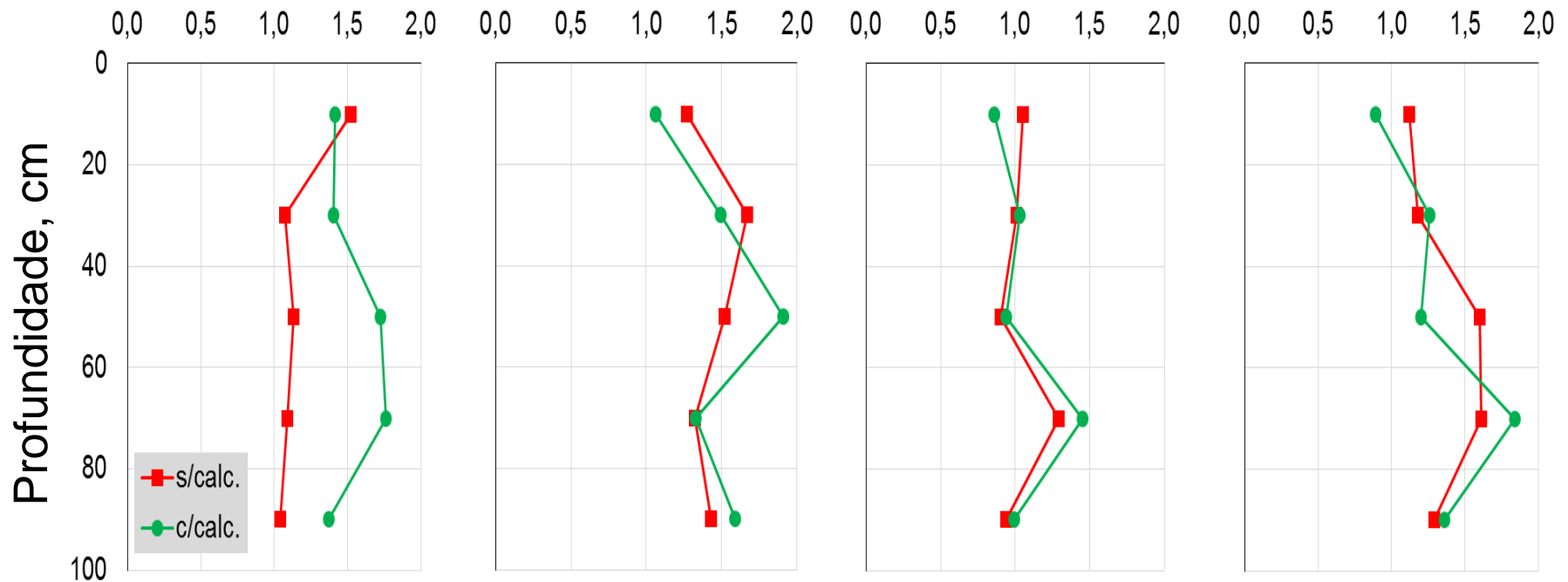
CTC 12

RB 86-7515

IACSP 95-5000

IAC 873396

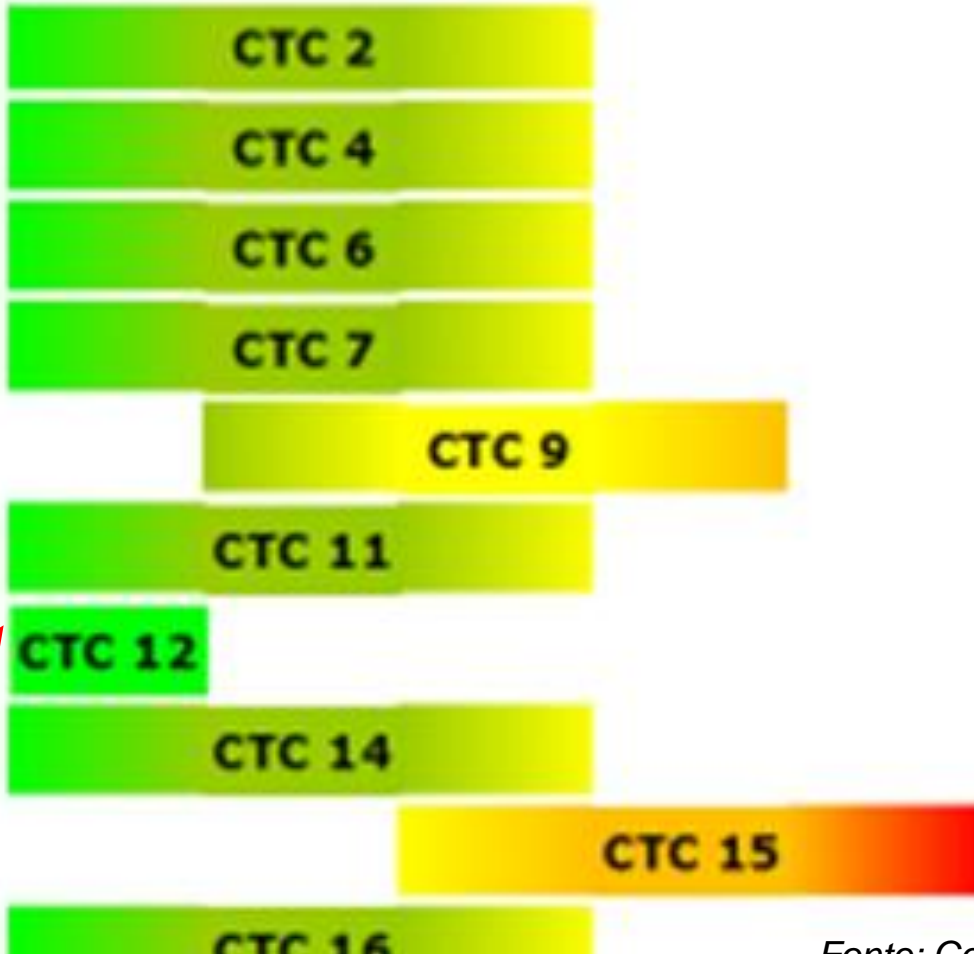
Massa seca de raízes, g



ONDE PLANTAR



A: amb. de alto pot. - E: amb. de baixo pot.



Manejo da adubação fosfatada



“Manejo da adubação fosfatada para cana-de-açúcar no Cerrado”

Thomaz A. Rein¹
Djalma M. G. de Sousa¹
João de Deus G. dos Santos Júnior¹
Rafael de Sousa Nunes¹
Gaspar H. Korndörfer²

¹Embrapa Cerrados
²Universidade Federal de Uberlândia

<https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1026343/manejo-da-adubacao-fosfatada-para-cana-de-acucar-no-cerrado>

29

Circular
Técnica

Planaltina, DF
Outubro, 2015

Autores

Thomaz Adolpho Rein
Engenheiro-agrônomo,
doutor em Soil and Crop Sciences,
pesquisador da Embrapa Cerrados,
Planaltina, DF

Djalma Martinão Gomes de Sousa
Químico, mestre em Ciência do
Solo, pesquisador da Embrapa
Cerrados, Planaltina, DF

João de Deus Gomes
dos Santos Júnior
Engenheiro-agrônomo,
doutor em Agronomia,
pesquisador da Embrapa Cerrados,
Planaltina, DF

Rafael de Sousa Nunes
Engenheiro-agrônomo, doutor
em Agronomia, pesquisador da
Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Gaspar Henrique Korndörfer
Engenheiro-agrônomo, doutor
em Solos e Nutrição de Plantas,
professor da Universidade Federal
de Uberlândia, Uberlândia, MG



Manejo da Adubação Fosfatada para Cana-de-Açúcar no Cerrado

Introdução

Nos últimos 15 anos, verificou-se grande expansão do setor sucroalcooleiro no Cerrado. Na região Centro-Oeste (GO, MT e MS) e mesorregiões do Cerrado Mineiro, a área cultivada com cana aumentou em quase 400% e 300%, respectivamente, enquanto no Estado de São Paulo e no País como um todo, este aumento foi de aproximadamente 120% (IBGE, 2015). A expansão no Cerrado se deu principalmente sobre áreas de pastagens, seguida de áreas de lavouras e, em menor proporção, sobre a vegetação nativa. Ao contrário das áreas de lavouras, a maioria das pastagens, corrigidas e muito pouco adubadas ou não, retém a baixa fertilidade herdada dos solos sob vegetação de Cerrado, ou seja, ácidos e com generalizada deficiência de nutrientes, no que se destaca o fósforo (P), principal fator limitante à produtividade agrícola desses solos (SOUSA et al., 2004).

A adubação fosfatada da cana é tradicionalmente baseada em altas doses de P aplicado exclusivamente no plantio, até 180 kg/ha de P_2O_5 no fundo do sulco. Embora indicada em geral para as culturas no Cerrado, a adubação fosfatada corretiva a longo com incorporação (fosfatagem), que visa elevar o status de P dos solos, ainda não é prática de uso generalizado pelas usinas e fornecedores de cana. O mesmo ocorre com a adubação fosfatada de soqueira, ainda pouco adotada.

Neste texto, são apresentadas compilações de resultados experimentais sobre respostas da cana à adubação fosfatada, mostra-se que a combinação das diferentes formas e momentos de aplicação dos fertilizantes é a melhor estratégia de manejo dessa adubação, e propõem-se recomendações de adubação fosfatada para a cultura no Cerrado.

Interpretação da Análise de Fósforo no Solo

Na Tabela 1, é apresentada a interpretação da análise de P para solos do Cerrado pelos métodos atualmente adotados no Brasil, Mehlich-1 e resina trocadora de íons, com base em amostragem realizada na camada superficial de 0 cm a 20 cm (SOUSA et al., 2004). Foi elaborada a partir da experimentação com culturas anuais (principalmente soja) na região, e pode ser aplicada de forma satisfatória também à cana-de-açúcar. Nessa tabela, teores no solo que propiciam produtividade potencial (determinada principalmente pelo ambiente edafoclimático) acima de 90%, sem aplicação de fertilizante fosfatado são classificados como “alta” disponibilidade de P. Esse teor de P é 20 mg/dm³ pelo método da resina, independentemente da textura do solo. Já para o método Mehlich-1, a interpretação deve levar em conta a textura, sendo considerados “altos” os teores de P > 6 mg/dm³ para solos de textura muito argilosa (>60% de argila) e > 25 mg/dm³ para solos de textura arenosa (≤15% de argila).

Expansão da cana no Cerrado:



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



-Áreas de lavouras: solos de média/alta fertilidade

-Áreas de pastagens: solos de baixa fertilidade

Baixa disponibilidade de fósforo (P) nos solos:

principal limitante de fertilidade à produtividade no Cerrado



Manejo tradicional da adubação fosfatada para cana:

- Altas doses no fundo do sulco de plantio (até 180 kg/ha de P_2O_5)
- Baixa adoção de adubação fosfatada corretiva a lanço com incorporação (“fosfatagem”)
- Baixa adoção de adubação fosfatada de soqueira (manutenção)

Pretendemos mostrar que a combinação de adubação fosfatada corretiva, adubação no sulco de plantio e adubação de soqueira é a melhor estratégia



Usinas/destilarias parceiras nos estudos de adubação fosfatada

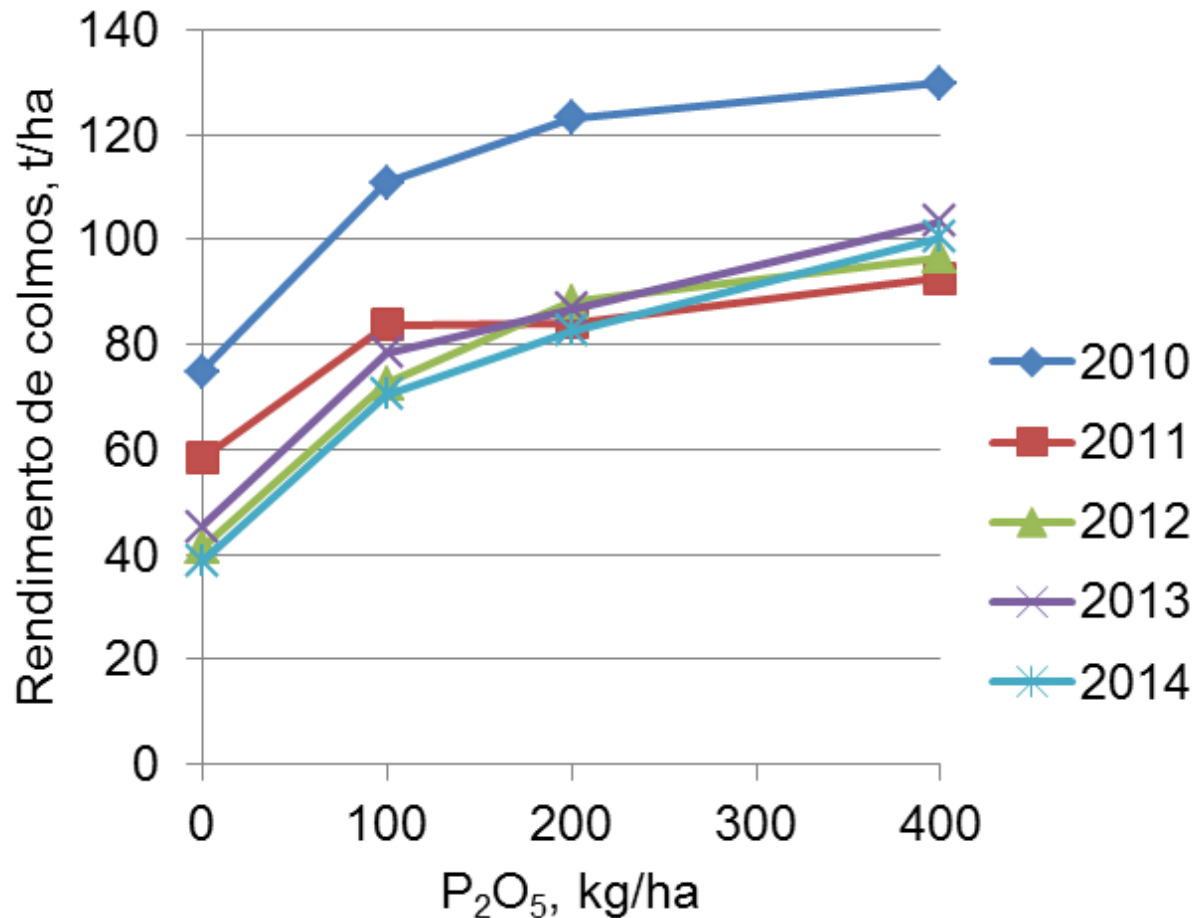
(experimentos concluídos, em andamento, futuros)

- Usina Goiasa (GO)
- Usina Jalles Machado (GO)
- Usina Anicuns (GO)
- Usina Pedro Afonso (TO)
- Destilaria Veredas (MG)
- Usina WD (MG)
- Usina Vale do Verdão (GO)
- Usina Boa Vista (GO)
- Embrapa Cerrados*

Respostas a doses de P aplicado a lanço (incorporado) no plantio



- Latossolo Vermelho muito argiloso, CPAC
- P Mehlich-1= 1,3 mg/dm³; P resina= 5,0 mg/dm³





Cana-planta RB 86-7515 Exp. Embrapa Cerrados 07/2010



Sem fósforo



Com fósforo

S. triplo, 200 kg/ha de P_2O_5
Lanço X Sulco

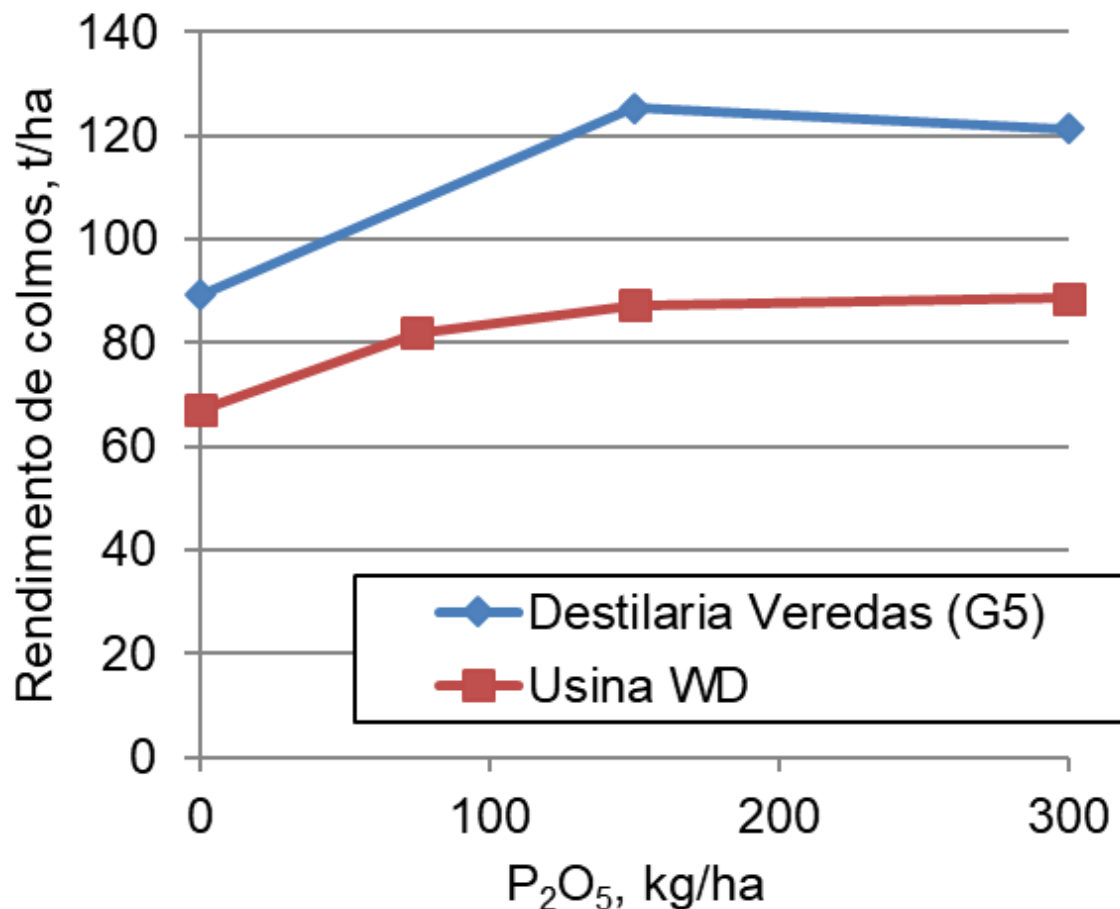




Resposta da cana-planta a doses de P aplicado a lanço (incorporado)

-Latosolos Amarelos text. média, João Pinheiro-MG

-P resina= 3,4 mg/dm³ (G5); 4,0 mg/dm³ (WD)

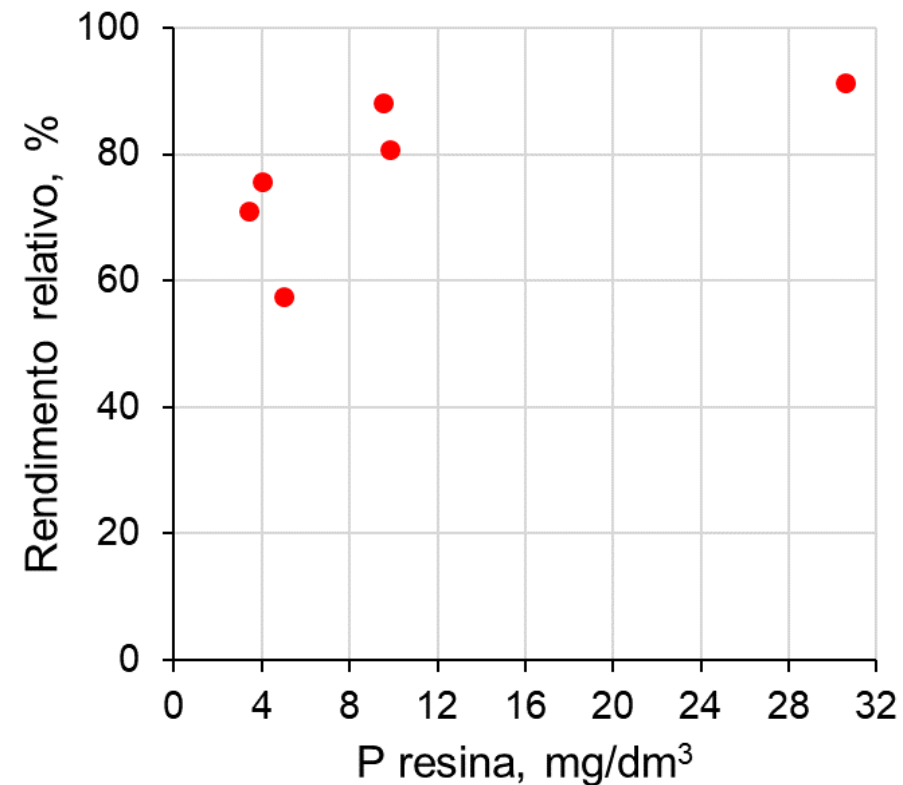
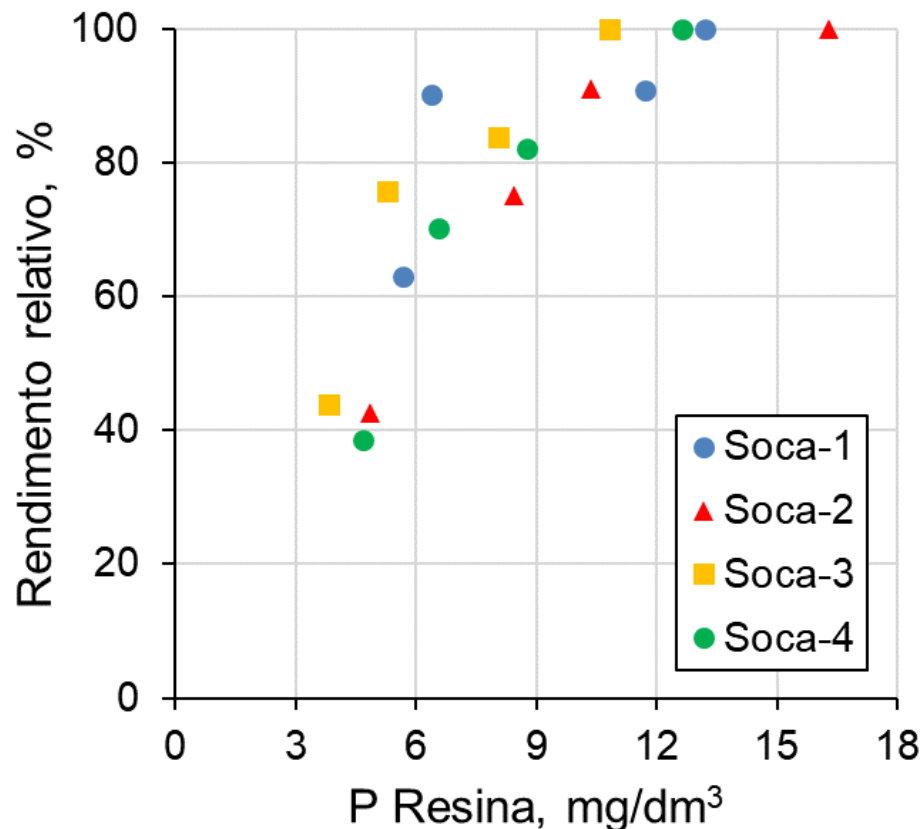




Calibrações análise P solo para cana

6 exps. ≠ text. – cana-planta

Exp. LV muito argiloso – 4 socas



Experimentos “exploratórios”



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-ACÚCAR



Adubação padrão da usina vs. corretiva P; gesso; escória; micros



Anicuns, GO; CTC-4
08/2010



João Pinheiro, MG: RB 72-454
09/2010



João Pinheiro, MG: RB 86-7515
11/2010

Experimentos exploratórios – diagnose por subtração

Respostas à adubação fosfatada corretiva (“fosfatagem”)

Tratamentos	Anicuns (reforma)	J. Pinheiro (reforma)	J. Pinheiro (expansão)
	-----t/ha de colmos-----		
1-Completo ¹			
2-Completo–fosfatagem			
3-Completo–gesso			
4-Completo–micron.			
5-Completo–escória			
6-Testemunha da usina ²			
CV, %			
DMS (teste <i>t</i> , 5%)			

¹ Completo: Testemunha da usina + adubação fosfatada corretiva, gesso, micronutrientes, silicato² Testemunha da usina (sulco): 150 kg/ha P₂O₅ em Anicuns e 125 kg/ha em João Pinheiro



Ganhos de produtividade com a adubação fosfatada corretiva (“fosfatagem”)

Exp.1 - Anicuns, GO (text. argilosa; 1ª reforma):

cana-planta: 82,4 → 99,9 (+17,5 t/ha)

2ª soca: 50,6 → 69,0 (+18,4 t/ha)

Exp.2 - João Pinheiro, MG (text. média; expansão):

cana-planta: 103,5 → 110,4 (+6,9 t/ha)

1ª soca: 53,9 → 70,7 (+16,8 t/ha)

Exp.3 - João Pinheiro, MG (text. média; 1ª reforma)

cana-planta: 106,9 → 115,5 (+8,6 t/ha)

1ª soca: 56,3 → 59,9 (+3,6 t/ha)

Experimento de adubação fostada - Usina Goiás (GO)

Latossolo Vermelho ácrico text. média/argilosa (P resina = 9,8 mg/dm³)



Respostas à adubação fosfatada corretiva (“fosfatagem”) com s. triplo



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Experimentos na Usina Goiasa, Goiatuba-GO

Solo	P solo ¹	Doses P ₂ O ₅		Δ produtividade c/corretiva	
		Corretiva	Sulco	cana-planta	socas
		-----kg/ha-----		-----t/ha/ano-----	
LV média	3,1	150	170	+14,6	+15,7 (4)*
LV m. argilosa	6,3	150	170	+11,6	+2,7 (3)

¹ Mehlich-1

* >produtividade com corretiva complementando a adubação no sulco (p<0,05)

⇒ *Aumentos TCH superiores a 15 t/ha/ano com adubação fosfatada corretiva complementando a adubação no sulco, em solos com baixo teor de P*



Brasil - Respostas da cana à adubação fosfatada corretiva (lanço com incorporação antes do plantio)

Local	Solo/textura	P solo ¹	P ₂ O ₅ aplicado		Aumento na produtividade		Ref. ³
			Corretiva	Sulco	Cana-planta	Soca ²	
		mg/dm ³	-----kg/ha-----		-----t/ha/corte-----		
Belmonte, BA	Argissolo/arenosa	2 (M)	100	150	27	–	a
Lençóis Paulista, SP	?/arenosa	9 (H)	100	150	22	11 (1)	b
Lençóis Paulista, SP	Neossolo/arenosa	3 (R)	200	100	68	34 (1)	c
Goianésia, GO	Latossolo/argilosa	12 (M)	170	168	2	–	d
Goianésia, GO	Latossolo/argilosa	2 (M)	170	168	19	–	d
Junqueirópolis, SP	Latossolo/arenosa	13 (R)	100	100	3	-2 (2)	e
Alta Floresta, MT	Latossolo/argilosa	0 (M)	270	150	18	–	f
Goianésia, GO	Latossolo/argilosa	0 (R)	300	112	13	19 (2)	g
Tupi Paulista, SP	Argissolo/arenosa	2 (R)	80/120/160	125	13	–	h
Camutanga, PE	Argissolo/média	11 (M)	130	168	9	–	i
Avelinópolis, GO	Latossolo/argilosa	1 (M)	150	150	17	18 (1)	j
João Pinheiro, MG	Latossolo/arenosa	1 (M)	100	125	7	15 (2)	j
João Pinheiro, MG	Latossolo/arenosa	1 (M)	100	125	9	6 (2)	j
Goiatuba, GO	Latossolo/média	10 (R)	150	170	15	16 (4)	j
Goiatuba, GO	Latossolo/m. argilosa	31 (R)	150	170	12	3 (3)	j

¹ Extratores de fósforo do solo: H=H₂SO₄ 0,25 mol/L ("0,5 N") (Bittencourt et al., 1977); M=Mehlich 1 (H₂SO₄ 0,0125 mol/L + HCl 0,05 mol/L) (Embrapa, 1997); R=resina trocadora de íons (Raij et al., 2002).

² Aumento médio de produtividade por soca (número de socas avaliadas entre parênteses).

³ a: Reis e Caballa-Rosand (1986); b: Morelli et al. (1987); c: Morelli et al. (1991); d: Gama (2007); e) Tomaz (2009); f: Caione et al. (2011); g: Sousa e Korndorfer (2011); h: Lisboa (2014); i: Mendonça et al. (2015); j: T. A. Rein et al. – Embrapa Cerrados (não publicado).

-Médias dos 15 experimentos (9 com cana-soca)

Aumentos na produtividade com a corretiva:

-cana-planta: **+17 t/ha**

-cana-soca (residual): **+13 t/ha por soca**

Adubação fosfatada corretiva complementando a adubação no sulco – compensa?

Análise econômica, considerando-se:

-Doses de 100 a 200 kg/ha de P_2O_5 (lanço incorporado) aplicado antes do plantio)

-R\$3,50/kg P_2O_5 (S. triplo, MAP)

-R\$35,00/ha a aplicação a lanço de 200-400 kg/ha

-R\$90,00/ha o custo da incorporação (grade média)

-R\$80,00/t o preço da cana na esteira da usina

-R\$30,00/t o custo de corte, transbordo e transporte

⇒ 10 a 17 t/ha de cana para pagar o investimento

⇒ **COMPENSA!**



Modos de aplicação do P (superfosfato) no plantio

Sulco de plantio vs. lanço c/ incorporação

Local	Solo	P solo ¹ mg/dm ³	Dose P ₂ O ₅ kg/ha	Prod. cana-planta		
				-P	Sulco	Lanço
				-----t/ha-----		
Brasília-DF	LV, m. arg.	1,2	200	75	105	123*
Tupirama-TO	PA, méd.	2,8	150	83	89	87
João Pinheiro-MG	LA méd.	1,1	150	89	109	125*
Goiatuba-GO	LV, arg.	3,6	200	108	123	119
João Pinheiro-MG	LVA, méd.	0,9	150	67	72	87*

¹ Mehlich-1

* Produtividade lanço > sulco (p<0,05)

⇒ *Produtividades similares ou superiores em ~15 t/ha com adubação exclusivamente a lanço, em situações de alta resposta ao P*

Brasil: modo de aplicação no plantio: exclusivamente a lanço incorporado vs. sulco



Local	Solo/Textura	P solo ¹	P ₂ O ₅ plantio	Cana ²	Produtividade de colmos			Ref. ³
					Testemunha	Sulco	Lanco	
		mg/dm ³	kg/ha		-----t/ha/corte-----			
Belmonte, BA	Argissolo/arenosa	2 (M)	100/200	Planta	28	96	115	a
				Socas	-	-	-	
Lencóis Paulista, SP	?/arenosa	9 (H)	100	Planta	62	85	97	b
				Socas (1)	66	84	95	
Lencóis Paulista, SP	Neossolo/arenosa	3 (R)	200	Planta	69	104	148	c
				Socas (1)	45	73	91	
Rio das Pedras, SP	Neossolo/arenosa	80 (R)	120	Planta	61	74	83	d
				Socas (2)	55	60	79	
Junqueirópolis, SP	Latossolo/arenosa	13 (R)	100/200	Planta	126	144	145	e
				Socas (2)	85	86	85	
Santa Rita, PB	Argissolo/arenosa	7 (M)	200	Planta	63	81	88	f
				Socas (1)	53	61	64	
Carpina, PE	Argissolo/média	14 (M)	200	Planta	87	96	108	f
				Socas (1)	69	87	101	
C. S. Agostinho, PE	Argissolo/argilosa	4 (M)	200	Planta	68	86	74	f
				Socas (1)	25	34	34	
Brasília, DF	Latossolo/m. argilosa	1 (M)	200	Planta	75	105	123	g
				Socas (4)	46	72	85	
Tupirama, TO	Argissolo/arenosa	3 (M)	150	Planta	83	89	87	h
				Socas (1)	108	100	107	
João Pinheiro, MG	Latossolo/arenosa	1 (M)	150	Planta	89	109	125	h
				Socas (2)	55	71	69	
Goiatuba, GO	Latossolo/m. argilosa	9 (R)	200	Planta	108	123	119	h
				Socas (2)	65	76	81	

¹ Extratores de fósforo do solo: H=H₂SO₄ 0,25 mol/L ("0,5 N") (Bittencourt et al., 1977); M=Mehlich 1 (H₂SO₄ 0,0125 mol/L + HCl 0,05 mol/L) (Embrapa, 1997); R=resina trocadora de íons (Raij et al., 2002).

² Número de socas avaliadas entre parênteses.

³ a: Reis e Caballa-Rosand (1986); b: Morelli et al. (1987); c: Morelli et al. (1991); d: Rossetto et al. (2002); e: Tomaz (2009); f: Costa (2012); g: Rein e Sousa (2013) e T.A.Rein et al. – Embrapa Cerrados (não publicado); h: T. A. Rein et al. – Embrapa Cerrados (não publicado).

Resposta da cana ao modo de adubação no plantio: exclusivamente a lanço incorporado versus sulco de plantio

-Média de 12 experimentos (11 com cana-soca) no Brasil:

-Cana-planta:

-sulco: 99 t/ha

-lanço: 109 t/ha (+10 t/ha)

-Cana-soca (residual):

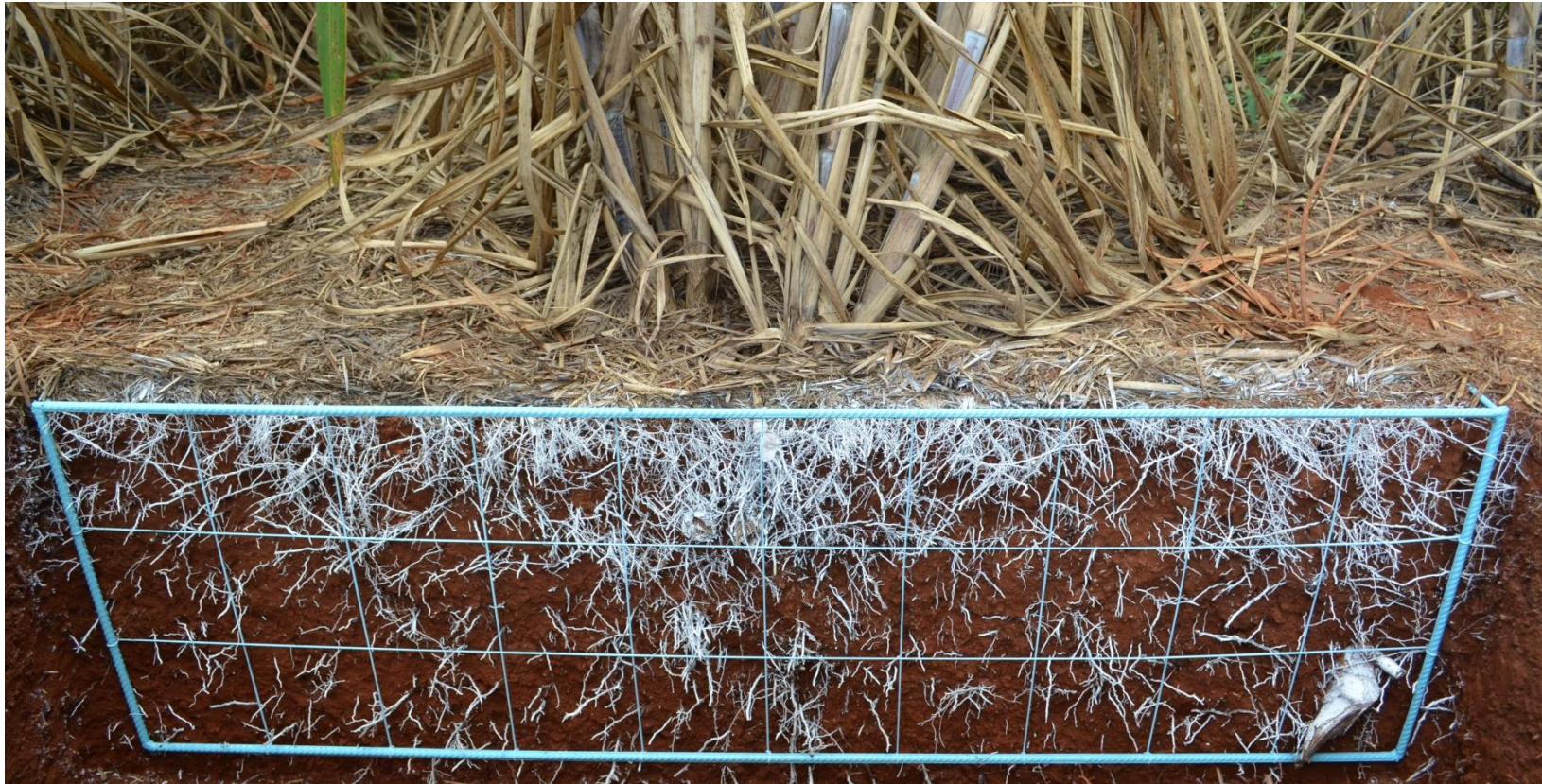
-sulco: 73 t/ha

-lanço: 81 t/ha (+8 t/ha)

⇒ *Aplicação exclusiva de altas doses de P_2O_5 no fundo do sulco não é em geral a melhor estratégia de adubação de plantio para a cana*

Superfosfato triplo a lanço incorporado no plantio (200 kg/ha P₂O₅)

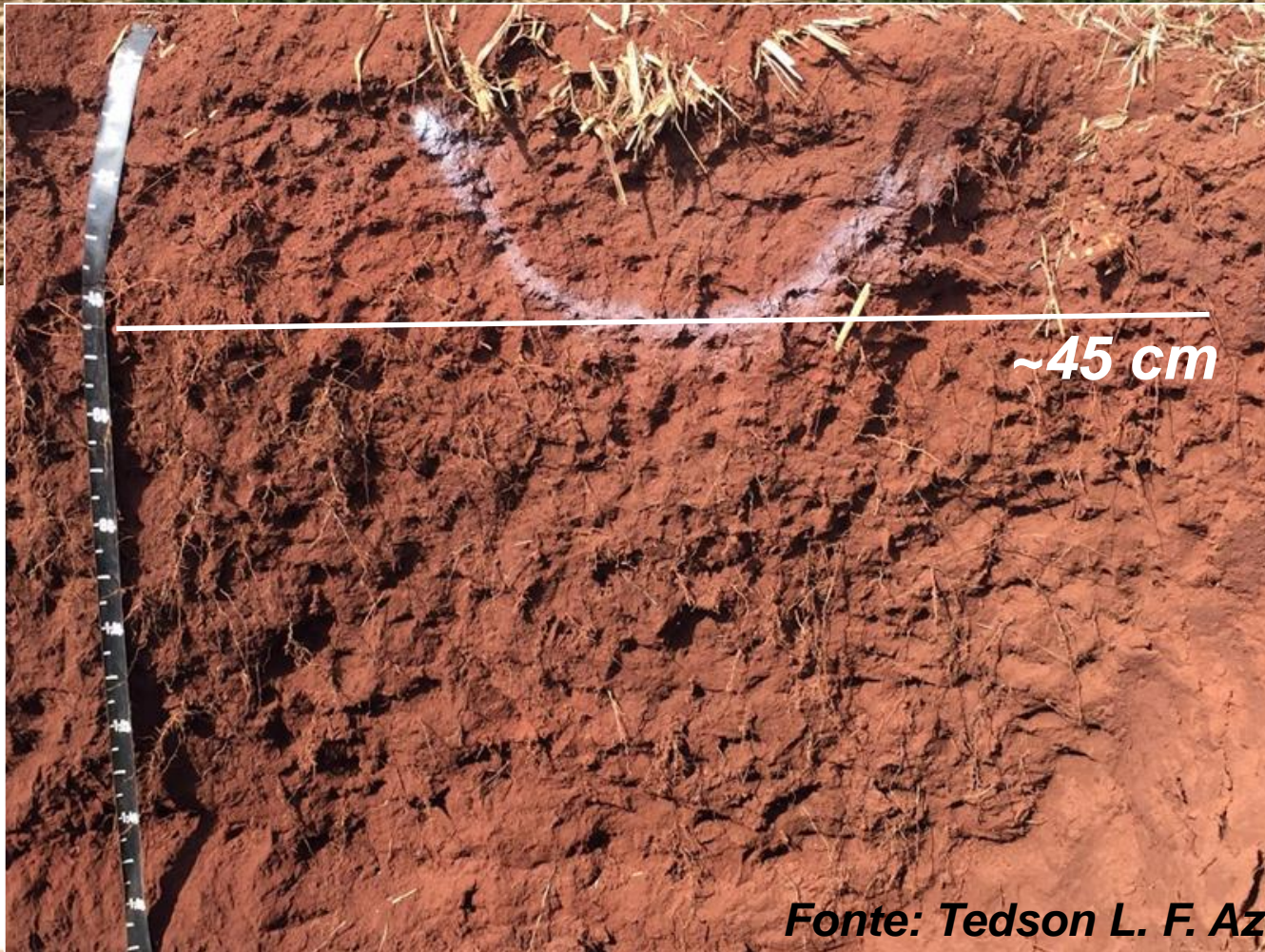
RB 86-7515 - 3^a soca



0,45 m

1,50 m

-Latossolo text. média/argilosa – Lençóis Paulista-SP
-Após colheita cana-planta; preparo localizado



Experimento P – Usina Jalles Machado, Goianésia-GO – Latossolo ácido



Prof cm	pH água	pH CaCl2	Al ³⁺	Ca	Mg	K	Acid. Pot	CTC	P
					cmol _c /dm ³				ppm
0 - 20	5,06	3,97	0,56	0,27	0,29	0,25	5,34	6,15	0,81
20 - 40	5,01	4,07	0,34	0,03	0,11	0,10	4,76	5,00	0,35
40 - 60	4,96	4,15	0,22	0,08	0,11	0,06	3,70	3,95	0,20

Colheita experimentos Usina Jalles Machado



Experimento P-5: Usina Jalles Machado



- LV ácrico argiloso; preparo convencional (grade aradora)
- CTC-4 (colheita mecanizada com transbordo-balança)

Médias de 4 reps.

P no plantio 180 kg/ha P ₂ O ₅	Produtividade de colmos		
	Planta	1 ^a . soca	2 ^a . soca
	-----t/ha-----		
Testemunha (-P)	32	35	54
MAP, sulco	72	63	76
MAP, lanço inc.	53	71	87
Torta, sulco	70	75	79
Torta, lanço inc.	70	70	83

Respostas à adubação fosfatada anual da soqueira (manutenção), sem incorporação



VIII SIMPÓSIO
TECNOLOGIA DE
PRODUÇÃO DE
CANA-DE-AÇÚCAR



Experimentos na Usina Goiasa, Goiatuba-GO

Solo	P solo ¹	Doses P ₂ O ₅		Δ produtividade c/ manutenção anual t/ha/ano
		Sulco de plantio	Manutenção anual	
		-----kg/ha-----		
LV média	3,1	170	40	+17,8 (4)*
LV m. argilosa	6,3	170	40	+3,2 (3)

¹ Mehlich-1

* >produtividade com manutenção anual complementando a adubação de plantio (p<0,05)

⇒Aumento de produtividade com adubação fosfatada anual de soqueira em solo com baixo teor de P



Brasil: exemplos de respostas à adubação fosfatada de soqueira

Local	Solo/textura	P solo ¹	P ₂ O ₅ no sulco de plantio ²	P ₂ O ₅ soca ²	Modo de aplicação/colheita	Aumento TCH	Ref. ⁴
		mg/dm ³	kg/ha	kg/ha/soca		t/ha/corte	
Araras, SP	Argissolo/?	5 (H)	0	45/90 ³	Inc./queimada	31 (3)	a
Araras, SP	Argissolo/?	5 (H)	150	45/90 ³	Inc./queimada	9 (3)	a
Pirassununga, SP	Argissolo/arenosa	7 (H)	0/50/100	50 ³	Inc./queimada	9 (2)	b
Linhares, ES	Argissolo/média	6 (H)	100	50 ³	?/?	15 (3)	c
Linhares, ES	Argissolo/média	6 (H)	200	50 ³	??	-5 (3)	c
Ponte Nova, MG	Argissolo/argilosa	19 (H)	100	50 ³	?/?	-4 (4)	c
Ponte Nova, MG	Argissolo/argilosa	19 (H)	200	50 ³	?/?	0 (4)	c
Cambará, PR	Latossolo/argilosa	4 (M)	?	100	Inc./queimada	5 (2)	d
Cambará, PR	Latossolo/argilosa	4 (M)	?	100	Inc./queimada	6 (1)	d
Promissão, SP	Latossolo/?	2 (R)	100	60/120	Inc./?	8 (1)	e
Promissão, SP	Latossolo/?	4 (R)	100	60/120	Sup./?	2 (1)	e
Penápolis, SP	Latossolo/?	5 (R)	180	45/90	Inc./queimada	13 (1)	f
?	?/argilosa	29 (R)	?	30/60	Inc./queimada	-1 (3)	g
?	?/média	?	100	50	?/?	11 (4)	g
Santa Rita, PB	Argissolo/arenosa	7 (M)	0/40/80/120/160/200	40	?/?	4 (1)	h
Carpina, PE	Argissolo/média	14 (M)	0/40/80/120/160/200	40	?/?	13 (1)	h
C. S. Agostinho, PE	Argissolo/argilosa	4 (M)	0/40/80/120/160/200	40	?/?	0 (1)	h
Casa Branca, SP	Latossolo/arenosa	8 (R)	?	35	Sup./crua	9 (1)	i
Goiatuba, GO	Latossolo/média	10 (R)	170	40	Sup./crua	18 (4)	j
Goiatuba, GO	Latossolo/média	10 (R)	150 (corretiva)+170	40	Sup./crua	8 (4)	j
Goiatuba, GO	Latossolo/m. argilosa	31 (R)	170	40	Sup./crua	3 (3)	j
Tupirama, TO	Argissolo/arenosa	3 (M)	150	40	Sup./queimada	16 (1)	j

¹ Extratores de fósforo do solo: H=H₂SO₄ 0,25 mol/L ("0,5 N") (Bittencourt et al., 1977); M=Mehlich 1 (H₂SO₄ 0,0125 mol/L + HCl 0,05 mol/L) (Embrapa, 1997); R=resina trocadora de íons (Raij et al., 2002).

² Aumento de produtividade (TCH) em cada situação refere-se a média dessas doses de fósforo no sulco de plantio e nas socas.

³ Fósforo aplicado apenas na primeira soca (referências b e c) e em socas alternadas (referência a).

⁴ a: Medeiros (1988); b: Korndorfer e Alcarde (1992); c: Bolsanello et al., 1993; d: Weber et al. (2002); e: Resende et al., (2003); f: Zambrosi (2012); g: Penatti (2013); h: Costa et al. (2014); i: Peres (2014); j: T. A. Rein et al. – Embrapa Cerrados (não publicado).

Resultados de 18 experimentos no Brasil:

- Ganhos de produtividade (TCH) de até 31 t/ha por soca
- Frequentes ganhos ao redor de 10 t/ha
- Baixa resposta em solos com nível de P adequado

⇒ *A cana utiliza eficientemente o P aplicado na soqueira, com ou sem incorporação no solo*



Bases para recomendações da adubação fosfatada

- Combinar as diferentes formas de aplicação (corretiva, sulco, soca)
- Elevar/manter os teores de P no solo no nível adequado
- Considerar o potencial produtivo (determinado pelo ambiente e práticas agrícolas)
- Exportação de P nos colmos:
⇒ ~ 80-120 kg/ha de P_2O_5 ao longo de 5 cortes (400-500 t/ha)



1) Recomendação de adubação corretiva

- Elevar o teor de P do solo para o nível “adequado” (81-90% do potencial produtivo);
- Cálculo da dose de P_2O_5 baseado na **capacidade tampão de fósforo do solo**.



Interpretação da análise de fósforo nos solos do Cerrado (camada 0 a 20 cm)

Classe de disponibilidade de P	Produtividade potencial	P resina	P Mehlich-1 (em função do teor de argila, %)			
			≤15%	16-35%	36-60%	>60%
	%	-----mg P/dm ³ solo-----				
Muito baixa	0-40	0-5	0-6,0	0-5,0	0-3,0	0-2,0
Baixa	41-60	6-8	6,1-12,0	5,1-10,0	3,1-5,0	2,1-3,0
Média	61-80	9-14	12,1-18,0	10,1-15,0	5,1-8,0	3,1-4,0
Adequada	81-90	15-20	18,1-25,0	15,1-20,0	8,1-12,0	4,1-6,0
Alta	91-100	21-35	25,1-40,0	20,1-35,0	12,1-18,0	6-1-9,0
Muito alta	100	>35	>40,0	>35,0	>18,0	>9,0

Fonte: Adaptado de Sousa *et al.* (2004).



Capacidade tampão de fósforo (CTP) dos solos do Cerrado para cálculo de adubação corretiva

Textura	Argila	Capacidade tampão de P do solo ¹	
		Resina	Mehlich-1
	%	--[kg/ha P ₂ O ₅] / [mg/dm ³ P solo]--	
Arenosa	≤15	6	5
Média	16-35	9	9
Argilosa	36-60	14	30
M. argilosa	>60	19	70

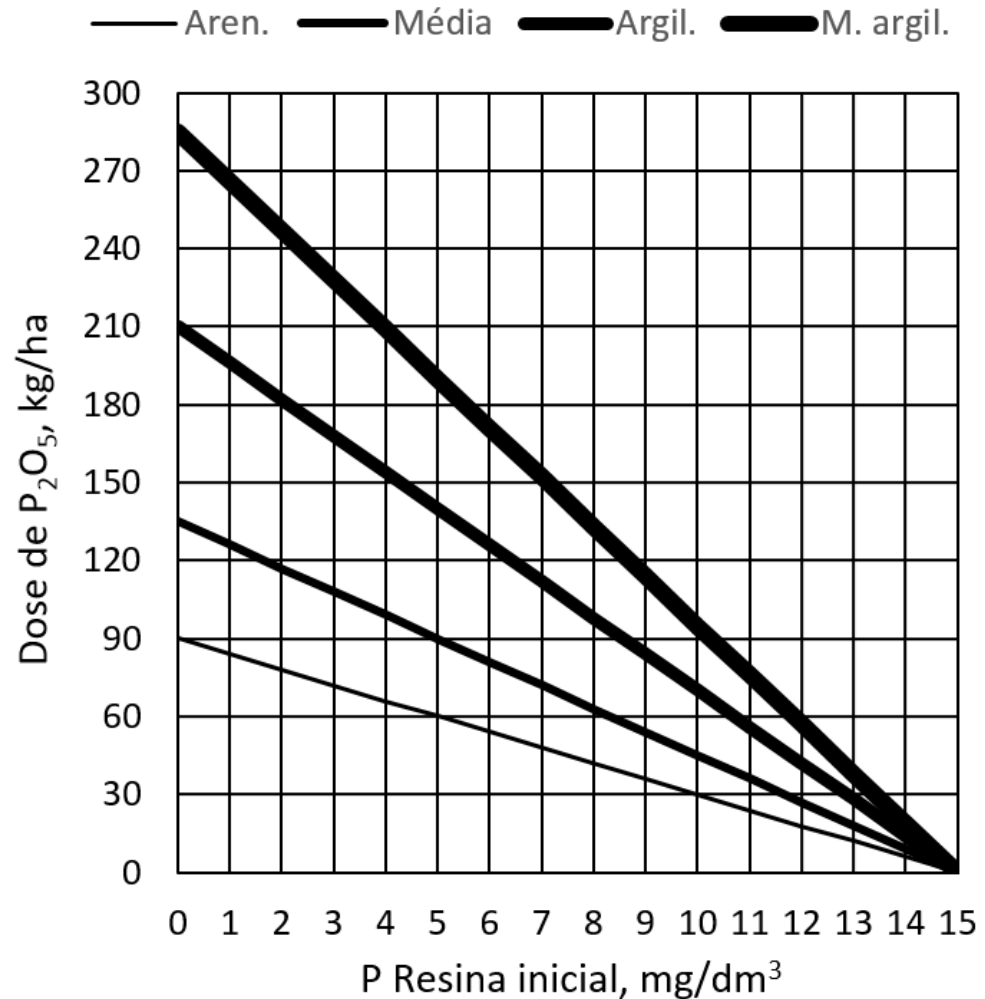
Fonte: Adaptado de Sousa *et al.* (2006).

¹ Dose necessária de P₂O₅ (kg/ha) para elevar em 1 mg/dm³ os teores de fósforo avaliados pelos métodos resina e Mehlich-1 em solos de diferentes texturas adubados e amostrados na camada de 0 a 20 cm.

$$P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = [\text{teor desejado de P} - \text{teor atual}] \times \text{CTP}$$



Doses P_2O_5 para elevar P resina a 15 mg/dm³
(0-20 cm); solos de diferentes texturas e teores iniciais de P:





2) Recomendação de adubação no sulco de plantio

Produtividade potencial	Classe de disponibilidade de P no solo ¹		
	Adequada ¹	Alta	Muito alta
t/ha colmos	-----kg/ha P ₂ O ₅ -----		
<100	80	60	40
101-130	100	80	60
131-160	120	100	80

¹ Essas doses de P₂O₅ indicadas para solos com disponibilidade “adequada” de P são recomendadas também para solos com disponibilidade inicial “muito baixa”, “baixa” e “média”, complementando a adubação fosfatada corretiva.



3) Recomendação de adubação de soqueira

Produtividade potencial t/ha colmos	Classe de disponibilidade de P no solo			
	≤Média ¹	Adequada	Alta	M. alta
	-----kg/ha/soca P ₂ O ₅ -----			
<60	40	20	0	0
61-90	40	40	20	0
91-120	60	40	20	0

¹ Apenas para a primeira soca (considerar classe “adequada” para as socas subsequentes)



Resultados preliminares de manejo da adubação fosfatada em plantio direto de cana



Experimento: área de expansão Us. Jalles Machado

P Mehlich-1 = 0,8 mg/dm³

Exp. de adubação fosfatada corretiva em plantio direto

-Usina Jalles Machado, Goianésia, GO

-Latossolo ácrico argiloso

-Calcário e gesso previamente incorporados (aivecas)



Experimento plantio direto



-CTC-4 (colheita mecanizada)

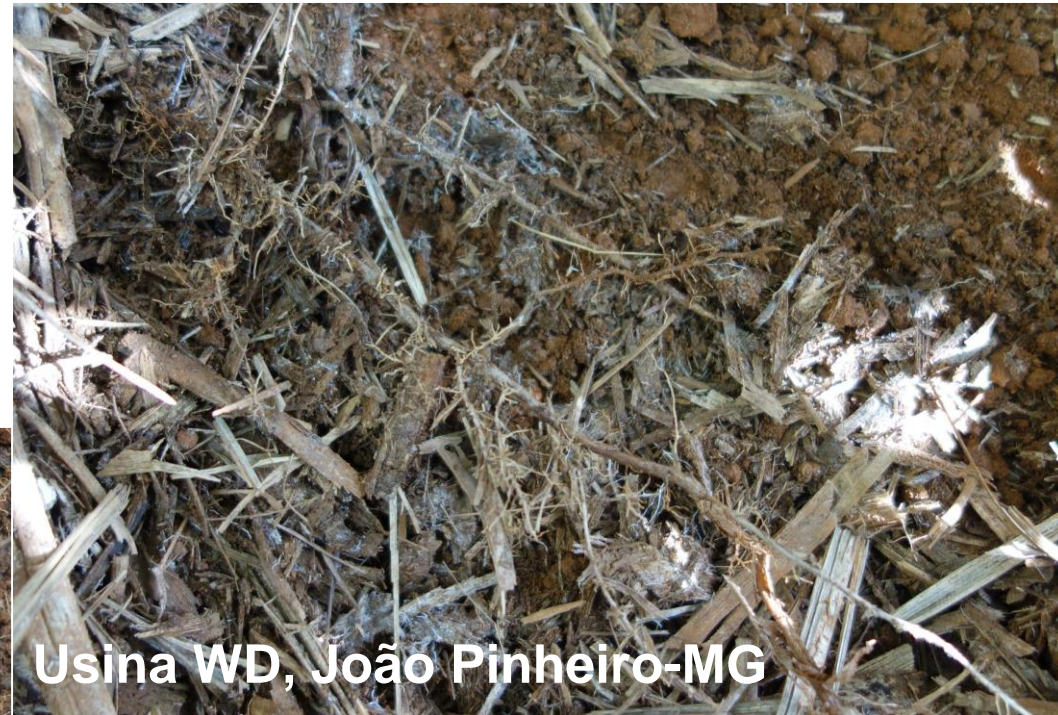
-S. triplo: “plantado” (linhas 0,5 m, 5 cm prof.); lanço s/incorp.; sulco

Modos de aplicação ¹ (175 kg/ha P ₂ O ₅)	Produtividade de colmos		
	Planta	1 ^a . soca	2 ^a . soca
	-----t/ha-----		
	Sem manutenção fosfatada		
Testemunha (-P)	29	38	57
Lanço antecipado	54	71	86
“Plantado” antecipado	58	67	76
Lanço plantio	49	72	84
“Plantado” plantio	54	69	83
Sulco plantio	59	71	84
	Manutenção 40 kg/ha/soca P ₂ O ₅		
Testemunha (-P)	32	56	82
Sulco de plantio	58	72	88

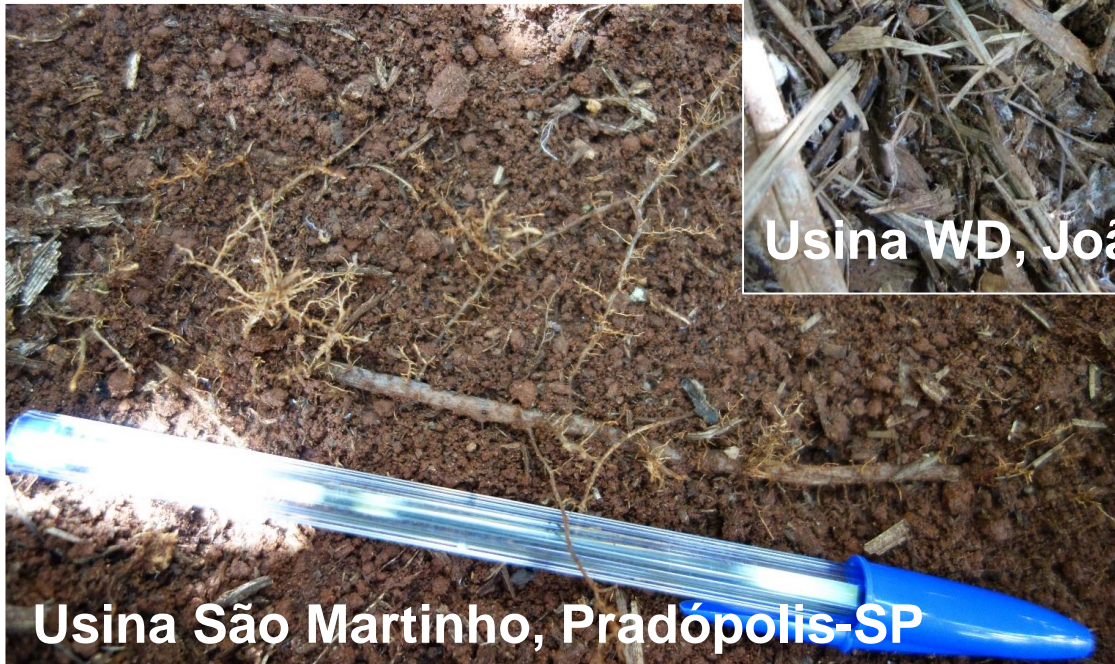


Raízes superficiais no centro de entrelinhas adensadas

-Latosolos argilosos; soqueiras avançadas



Usina WD, João Pinheiro-MG



Usina São Martinho, Pradópolis-SP



Experimento na África do Sul (1960s)

-Solo: Ferralsol (*Inanda series*); alta adsorção de P

-Dose: 213 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato)

P aplicado na 1 ^a . soca	1 ^a . soca		2 ^a . soca	
	s/palha	c/palha	s/palha	c/palha
	-----colmos, t/ha-----			
Testemunha (-P)	35	32	35	40
Lanço área total	73	74	99	103
Faixa superficial ¹	67	68	91	94
Faixa 25 cm prof. ²	68	65	68	69
<i>Residual (plantio)</i> ³	100	98	80	79

¹ Faixa de 15 cm de largura, a 30 cm do centro da linha de cana;

² Faixa de 10 cm de largura na profundidade de 25 cm, a 30 cm do centro da linha de cana;

³ Superfosfato aplicado no fundo do sulco no plantio.



Adubação fosfatada - outros estudos em andamento:

- Fontes de fósforo (fosfatos naturais, torta, organominerais, disponibilidade controlada) vs. modos de aplicação;
- Adubação fosfatada cana irrigada;
- Amostragem de solo para diagnose da fertilidade (# de subamostras) - P, K, acidez;
- Teor de P no caldo como índice do estado nutricional;
- Adubação manutenção NPK soqueira a lanço em área total (ainda não colhidos).

Principais resultados:

- Respostas econômicas ao uso do gesso como corretivo no Cerrado; longo efeito residual; sem respostas à doses acima das recomendadas;
- Possibilidade de correção da acidez com o uso de gesso e calcário combinados sem incorporação no plantio direto;
- Fósforo: alta eficiência de uso dos fertilizantes solúveis em formas alternativas de aplicação (lanço incorp., soqueira sup.);
- Fósforo: alternativas de manejo da adubação fosfatada em plantio direto.



Obrigado!

Contato: thomaz.rein@embrapa.br