

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA

Prof. Dr. Volnei Pauletti

ENGENHARIA AGRONÔMICA

MARÇO DE 2012





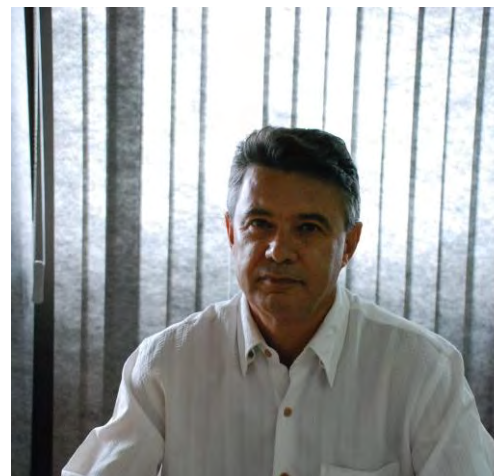
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo



Presidente: Gonçalo Signorelli de Farias - Iapar



Sociedade Brasileira de Ciência do Solo **Núcleo Estadual do Paraná**



Diretor: Oromar João Bertol - Emater



Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo
Núcleo Estadual do Paraná

Promove a Reunião Paranaense de Ciência do Solo
Próxima (III): Londrina, Maio de 2013

Publicações:

- Boletins técnicos
- Manual de adubação e calagem para o PR

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA

Prof. Dr. Volnei Pauletti

ENGENHARIA AGRONÔMICA

MARÇO DE 2012



BPUFs - soja

Brasil:

- Segundo produtor de soja no mundo
- 75 milhões de toneladas
- 24,2 milhões de ha
- 3106 kg ha⁻¹

EUA

- Primeiro produtor de soja no mundo
- 91 milhões de toneladas
- 31 milhões de ha
- 2922 kg ha⁻¹



BPUFs - soja



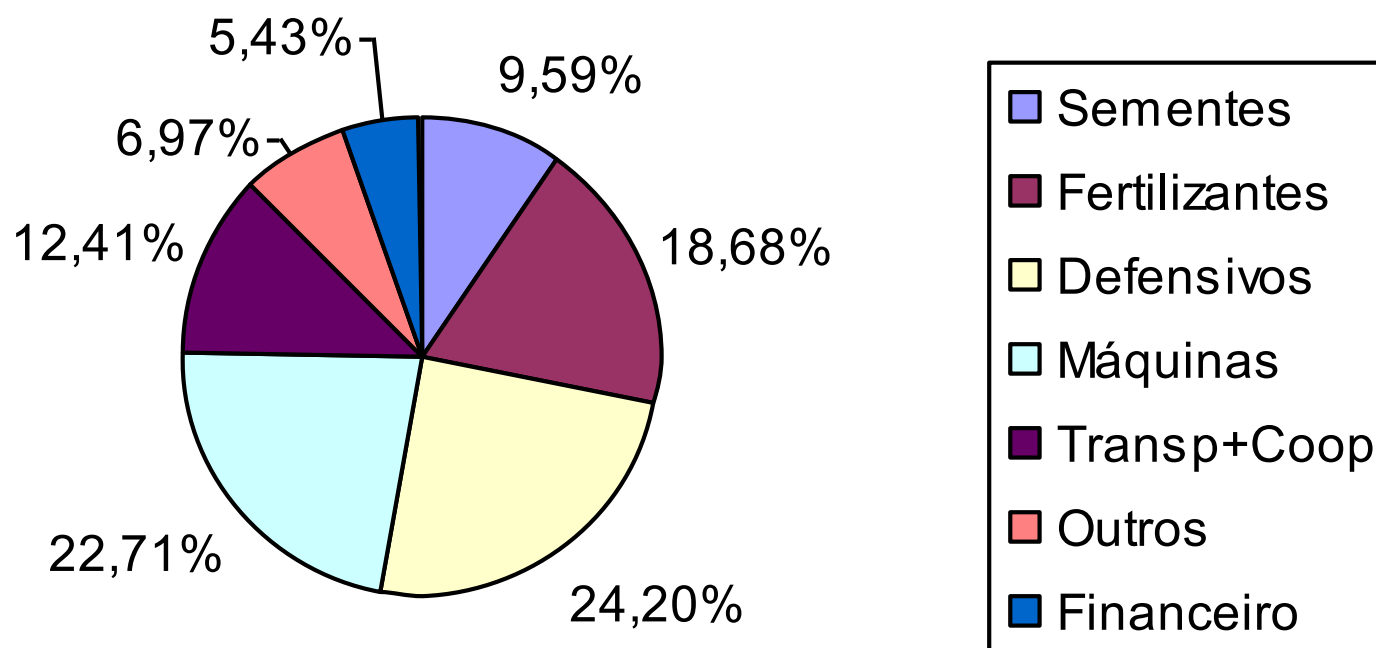
Soja é uma cultura exigente em nutrientes e responsiva a aplicação de adubos

EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES – SOJA E MILHO

Por tonelada de grãos

	Soja	Milho
	Macronutriente kg	
N	79,4	24,9
P ₂ O ₅	16,7	9,9
K ₂ O	38,5	21,8
Ca	13,1	3,9
Mg	7,1	4,4
S	8,3	2,6
	Micronutriente g	
Fe	460	236
Cu	26	10
Zn	61	48
B	77	18
Mn	130	43
Mo	6,5	1

Custos de produção



BPUFs - soja

Dose Fonte Época Local

- **Critérios para diagnóstico da fertilidade do solo**
- **Dose adequada de nutrientes para a soja**
- **Estratégia de aplicação de fertilizantes na soja**
- **Qualidade dos fertilizantes**

CRITÉRIOS PARA DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO

Tabelas de interpretação

TEOR DE NUTRIENTES NO SOLO – PR

Fósforo (mg dm^{-3}) – Mehlich 1

Classe	Solo	
	Argiloso*	Arenoso**
	mg dm^{-3}	
M. Baixo		$< 5,1$
Baixo	$< 3,1$	$5,1 - 10,0$
Médio	$3,1 - 6,0$	$10,1 - 14,0$
Alto	$6,1 - 9,0$	$> 14,0$
M. Alto	$> 9,0$	

* Para solo com teor de argila superior a 350 g kg^{-1} .

** Para solo com teor de argila inferior a 350 g kg^{-1} .

Adaptado de OLEYNIK et al., 1998.

Tabelas de interpretação

TEOR DE NUTRIENTES NO SOLO – PR

Potássio – Mehlich 1

Classe

Solo

Argiloso*

Arenoso**

_____ cmol_c dm⁻³ _____

Baixo

< 0,10

< 0,06

Médio

0,10 – 0,20

0,06 – 0,13

Alto

0,20 – 0,30

> 0,13

M. Alto

> 0,30

-

* Para solo com teor de argila superior a 400 g kg⁻¹.

** Para Arenito Caiuá.

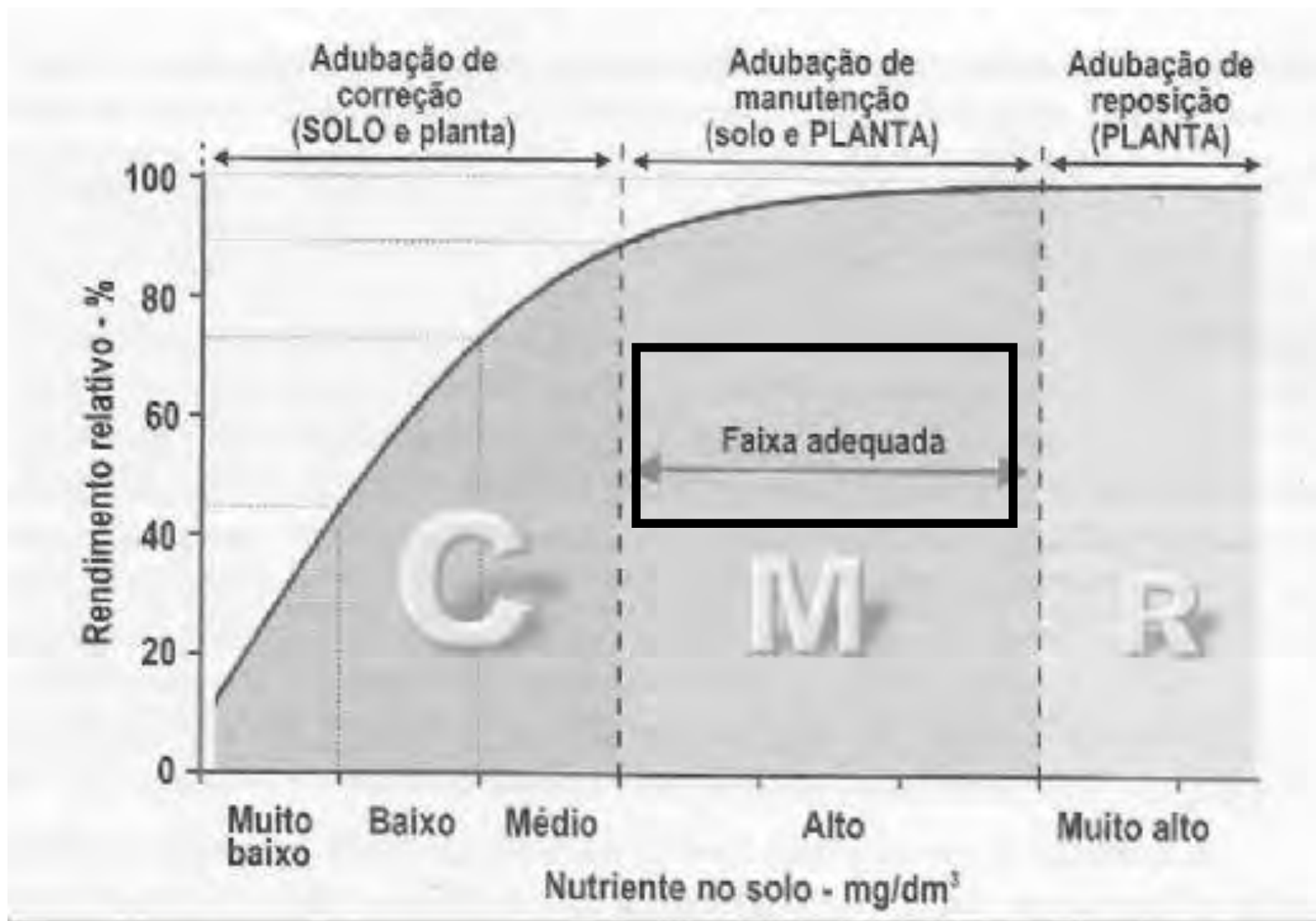
Embrapa Soja, 2010

Tabelas de interpretação

TEOR DE NUTRIENTES NO SOLO - SP

Classe	P resina mg dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³
Muito Baixo	□ 6	□ 0,7
Baixo	7 - 15	0,8 - 1,5
Médio	16 - 40	1,6 - 3,0
Alto	41 - 80	3,1 - 6,0
Muito Alto	> 80	> 6,0

Origem das tabelas de interpretação



ANÁLISE DE SOLO

Recomendação de corretivos

Recomendação de adubo

**Boa
coleta**

1 ha = 2.000.000 kg de solo

Amostra = 200-300 g – 0,0000001%

Laboratório = pH: 10 g

P,Ca,Mg e K: 2,5 g

M.O.: 1g

Amostragem de solo no PD

Variabilidade vertical

Variabilidade horizontal



Variabilidade vertical



ADUBO E CALCÁRIO NA SUPERFÍCIE



ADUBO NO SULCO

+ - 8 cm



+ - 10 cm

Profundidade amostragem



0-5 cm

0-10 cm

0-20 cm

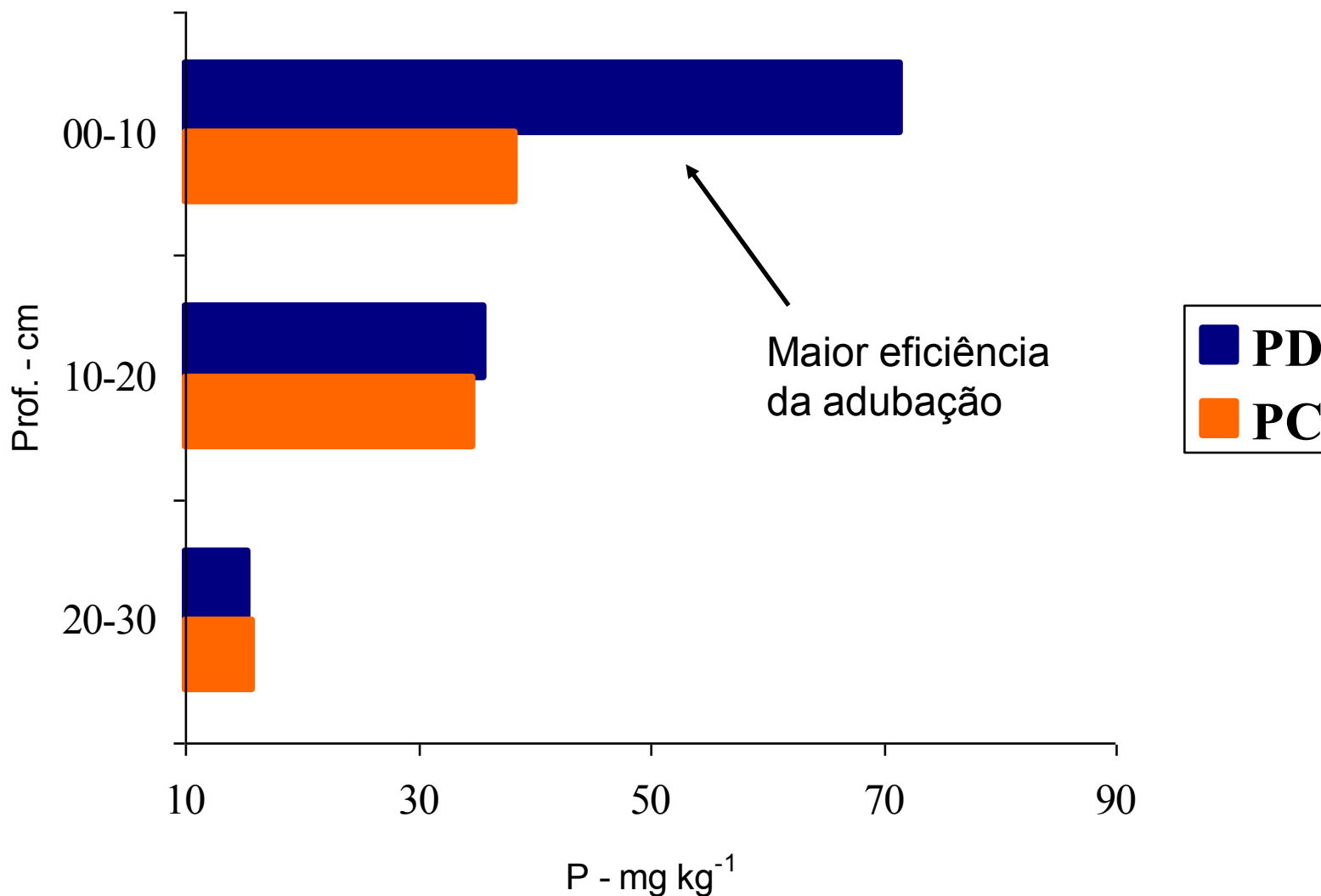
Variabilidade vertical

Média de determinações químicas de 07 solos sob plantio direto.

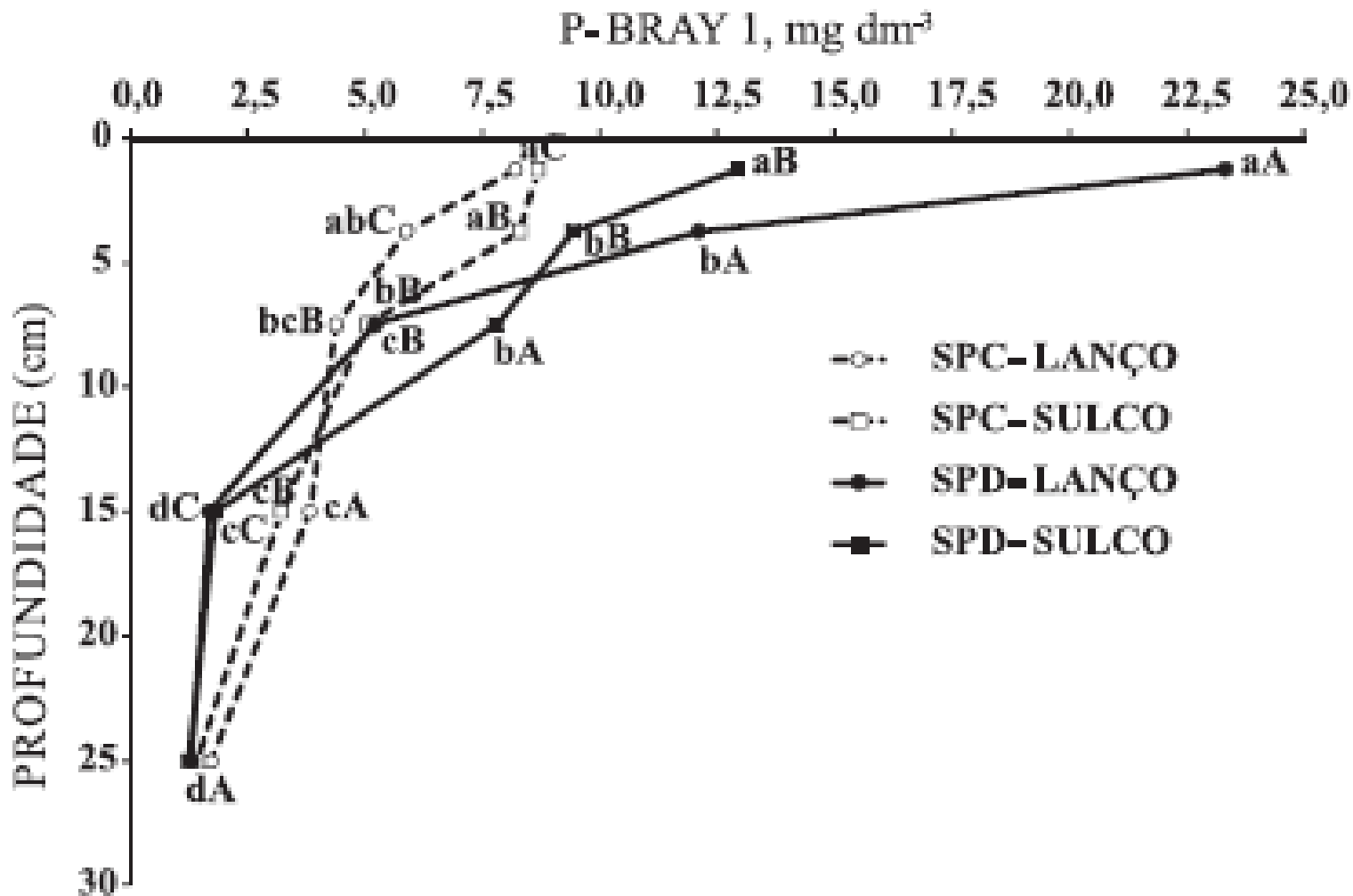
Prof. (cm)	pH CaCl ₂ 0,01 M	H+Al	Ca	Mg	K	P*
		----- mmol _c /dm ³ -----				mg/kg
0 – 2,5	5,76	23,8	58,3	33	5,7	17,57
2,5 - 5	5,72	25,2	53,6	32,9	2,7	11,57
5,0 – 10	5,40	31,3	43,3	27	1,7	8,43
10 – 20	4,92	40,9	26,9	17,3	1,2	3,00
20 – 40	4,44	44,3	8,3	10,7	0,7	1,14

*Mehlich

Efeito de métodos de preparo sobre o teor de P disponível (resina) após 9 anos – mesma adubação e no sulco



Métodos de preparo e formas de aplicação de adubo - teor de P disponível após 14 anos – aplicação de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ – Planaltina/DF



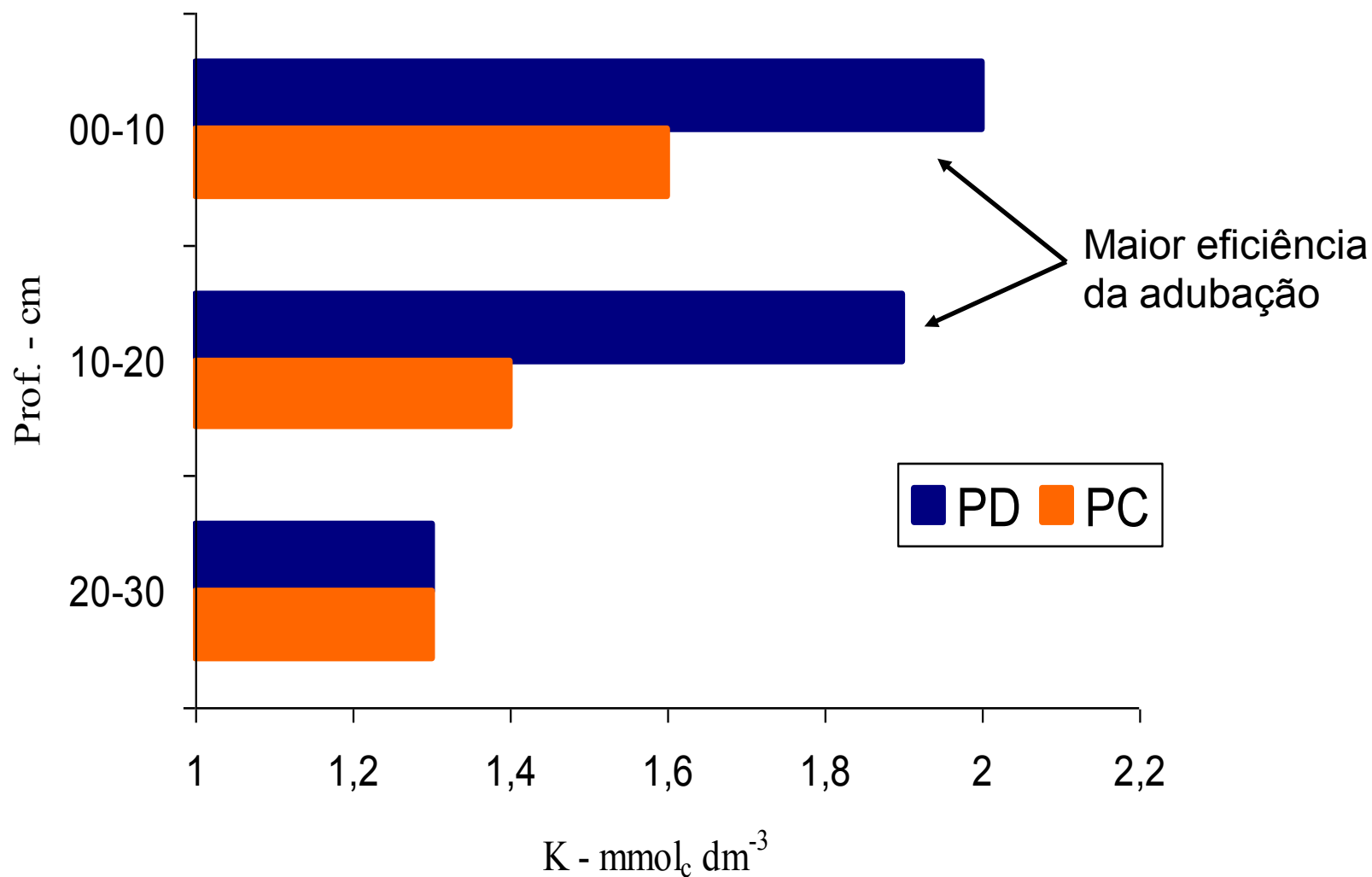
Eficiência da adubação fosfatada

Plantio convencional:

- solos argilosos: +- 20%
- solos arenosos: +- 50%

Plantio direto: 60% ou mais ?

Efeito de métodos de preparo sobre o teor de K trocável após 9 anos – mesma adubação e no sulco



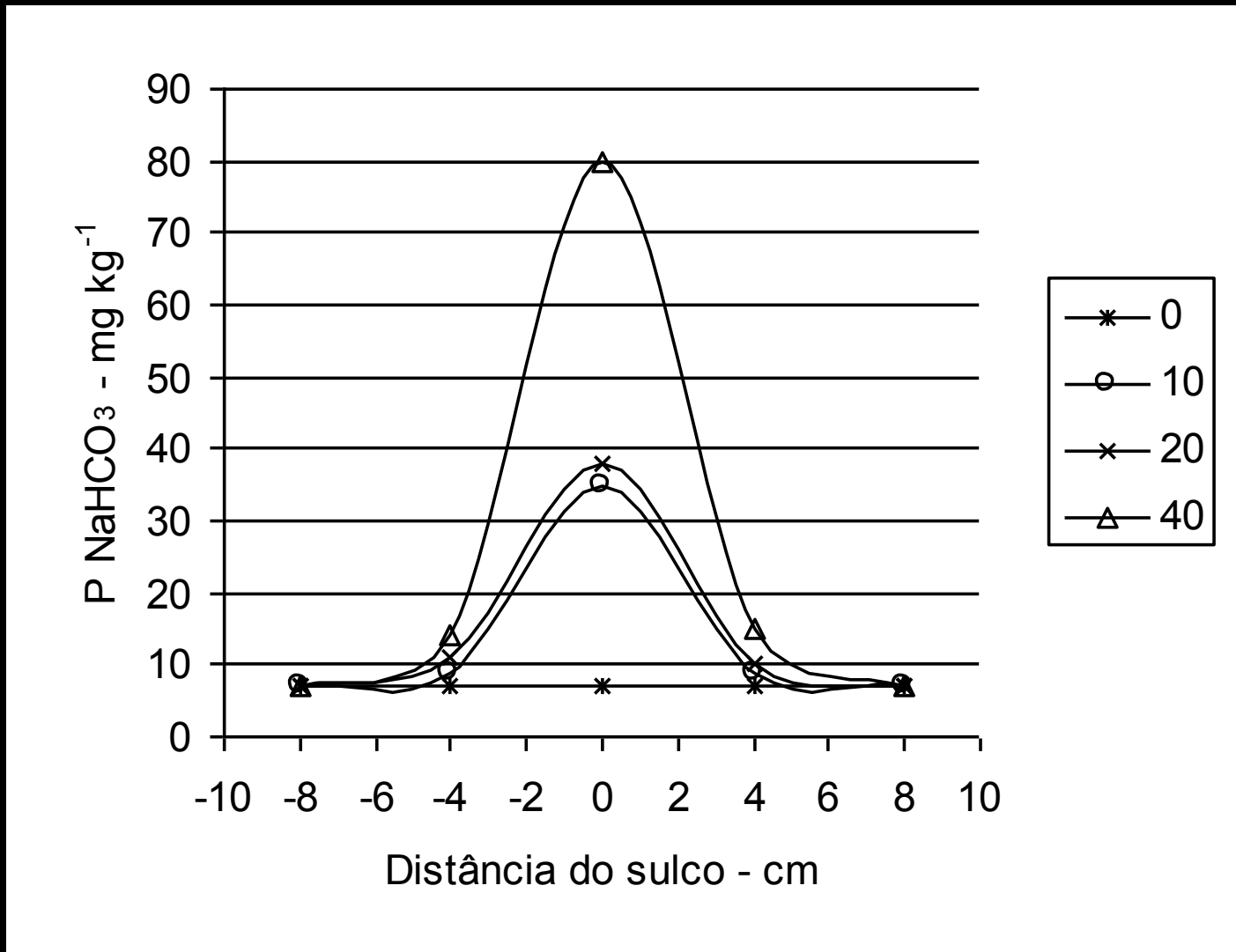
Variabilidade horizontal



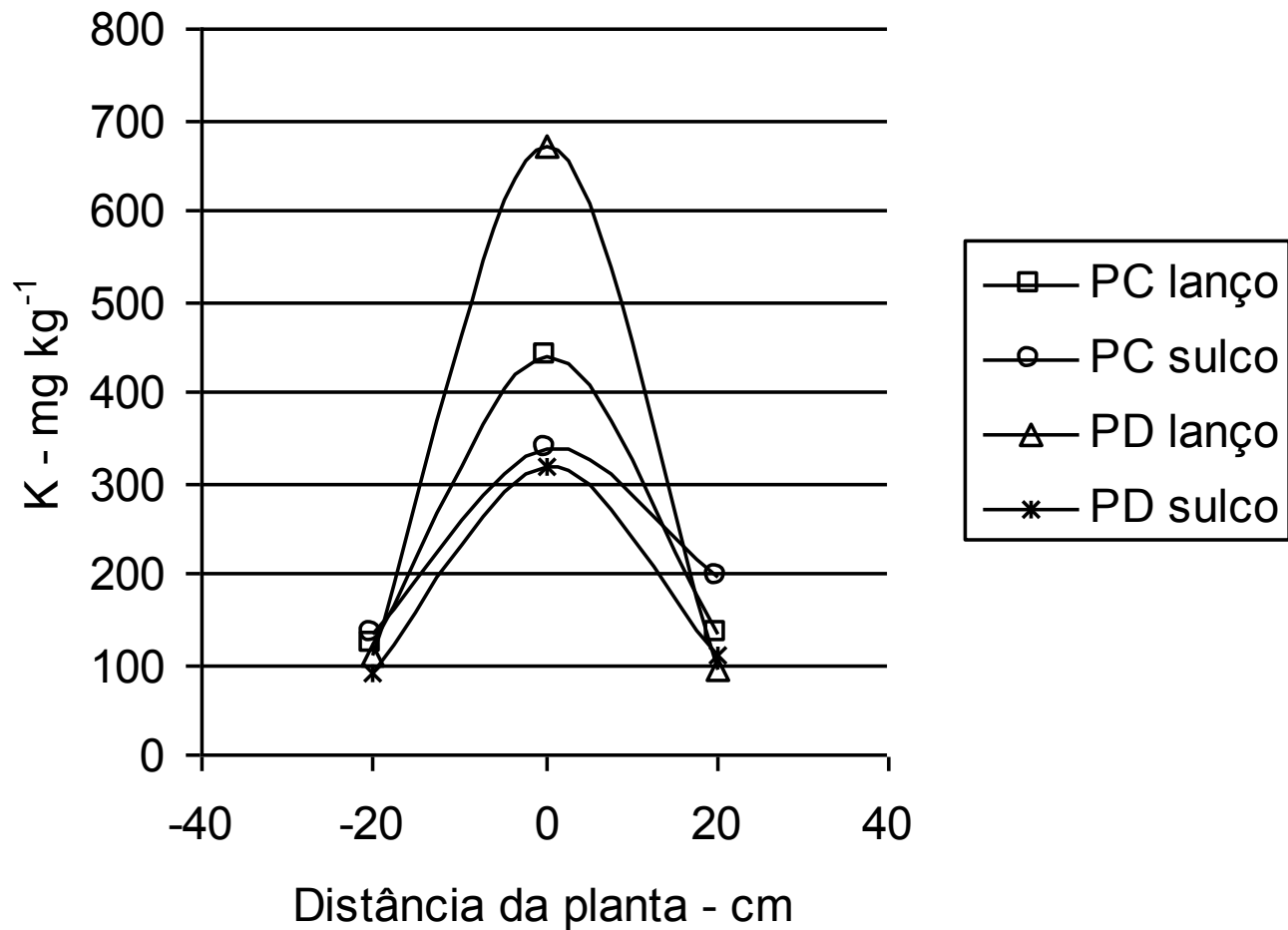
Variabilidade horizontal

- Maior para P e K
- Menor para pH e MO

Distribuição do P em função de doses e distância do sulco



Distribuição do K em função de doses e distância das plantas



Posição da amostragem

Linha



Entrelinhas

Linhas



Forma de amostragem

Amostragem para adubação em sulco



Nicolodi; Anghinoni; Salet, 2002

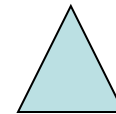
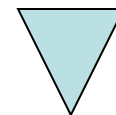
1 amostra na linha +

Soja e feijão: 3 amostras cada lado

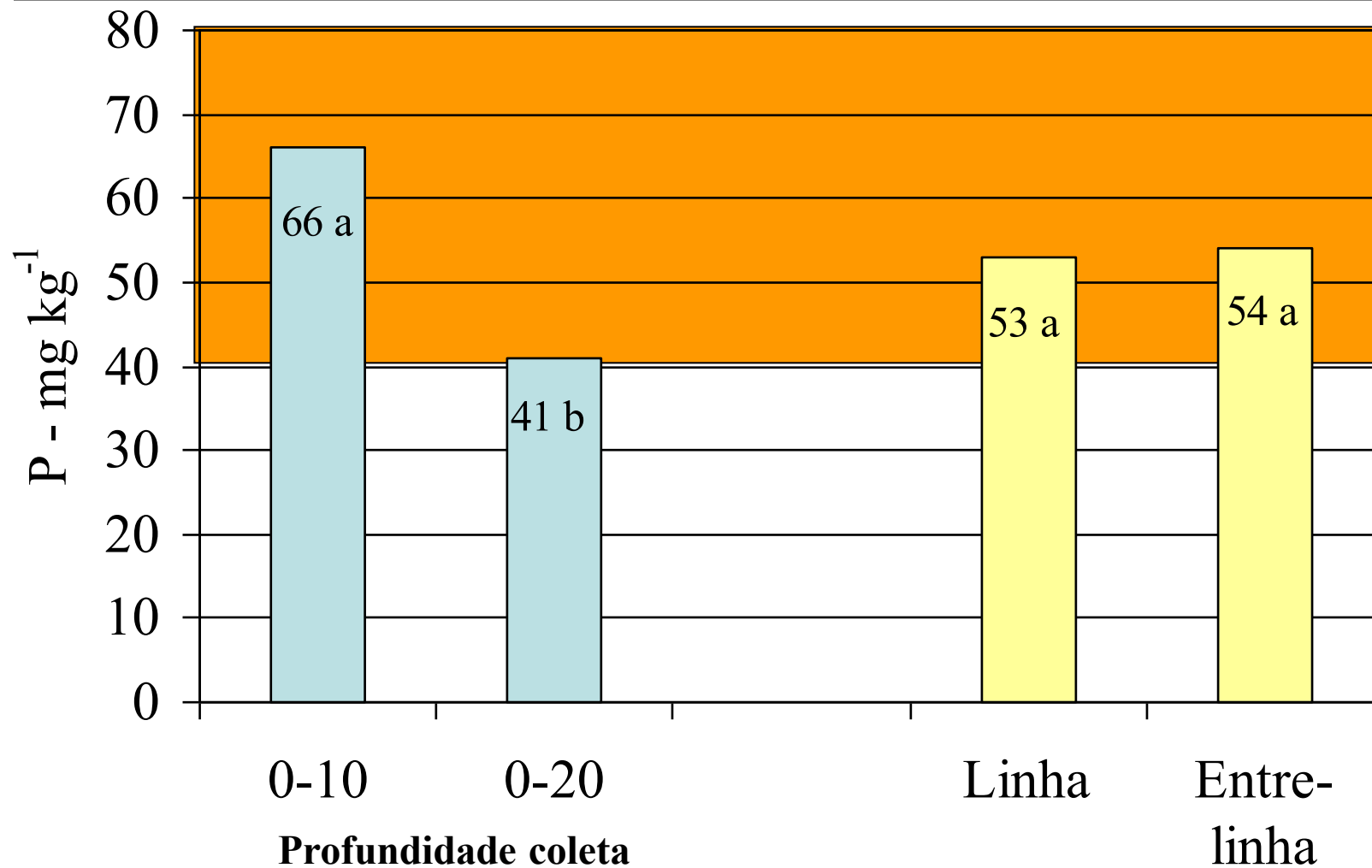
Trigo: uma amostra cada lado

Milho: 6 amostras cada lado

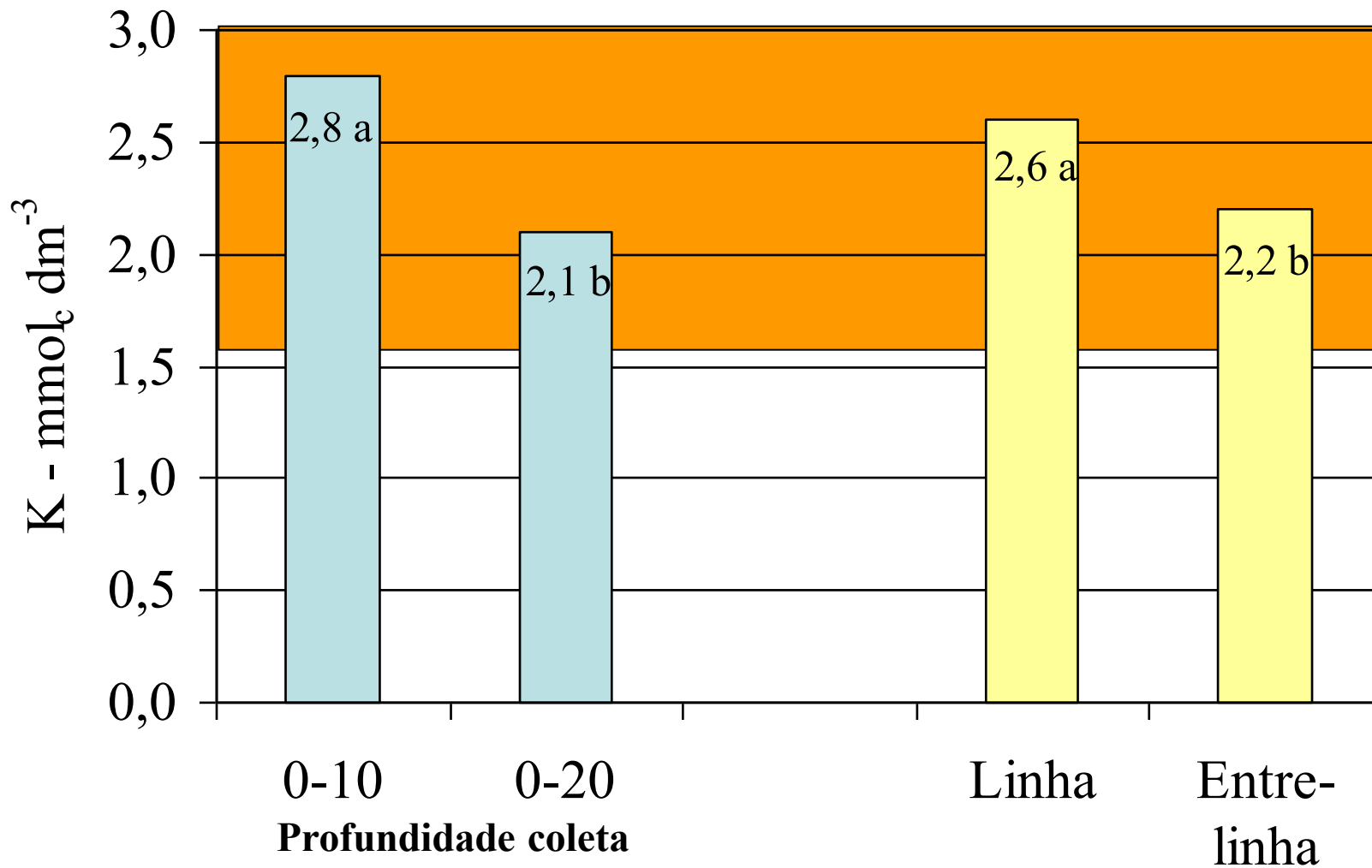
Sulco



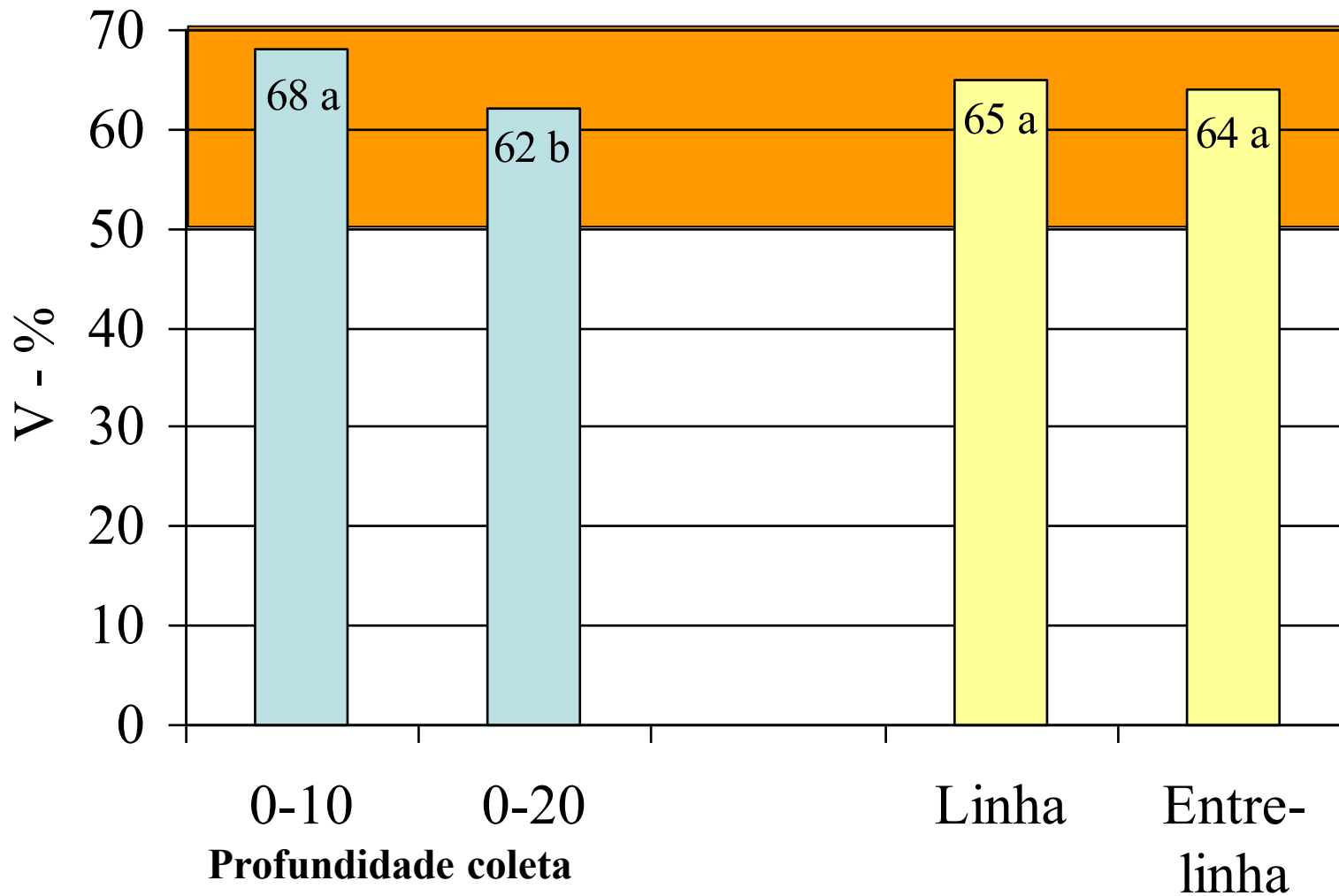
Profundidade e forma de amostragem de solo no PD



Amostragem



Amostragem



Conclusão

ÁREAS ANTIGAS EM PLANTIO DIRETO E DE ALTA FERTILIDADE

As metodologias e as profundidades de coleta de amostras de solo não diferem quanto à interpretação dos resultados para fins de recomendação de adubação e calagem.

- “A relação semelhante de rendimento das culturas com os atributos do solo nas camadas 0-10 e 10-20 cm, aliada ao efeito da calagem e da adubação em subsuperfície (10-20 cm), determina que a amostragem de 0-20 cm seja mais adequada na avaliação da fertilidade de solos em plantio direto na região Centro-Sul do Paraná.” Fontoura et al., 2011

Laboratórios de análises

CONTROLE DE QUALIDADE

ANÁLISE DE SOLO – 280 laboratórios no Brasil:

- 1968 – ROLAS
- 1986 – IAC
- 1987 – PROFERT – MG
- 1992 – PAQLF – Embrapa (Brasil)
- 1995 – CELA

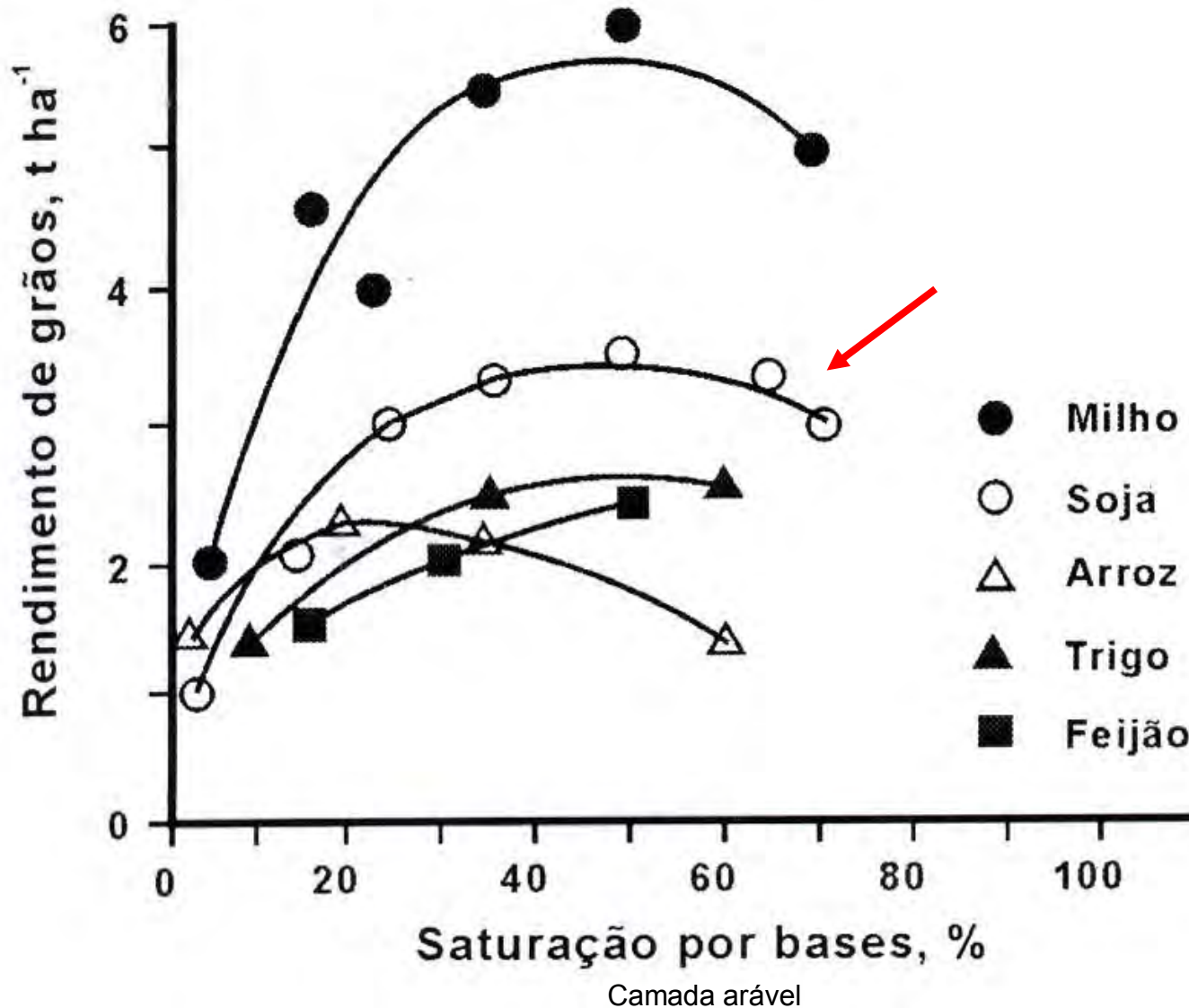
ANÁLISE TECIDO – 119 laboratórios no Brasil:

- 1982 – SBCS (Esalq – Piracicaba)

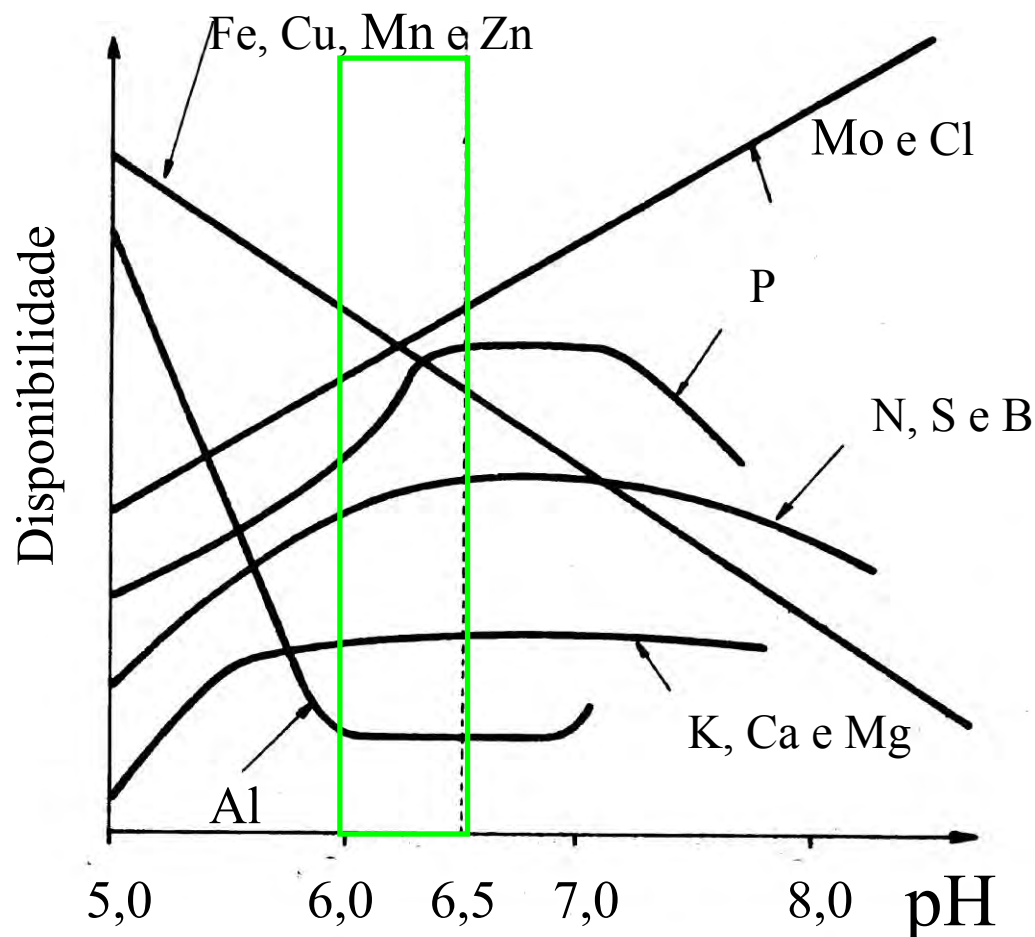


DOSE ADEQUADA DE NUTRIENTES PARA A SOJA

Ca e Mg = CALAGEM



**A
DISPONIBILIDADE
DE NUTRIENTES
DEPENDE DA
CORREÇÃO DO pH
DO SOLO**



TOXIDEZ DE Mn – SOLO ÁCIDO

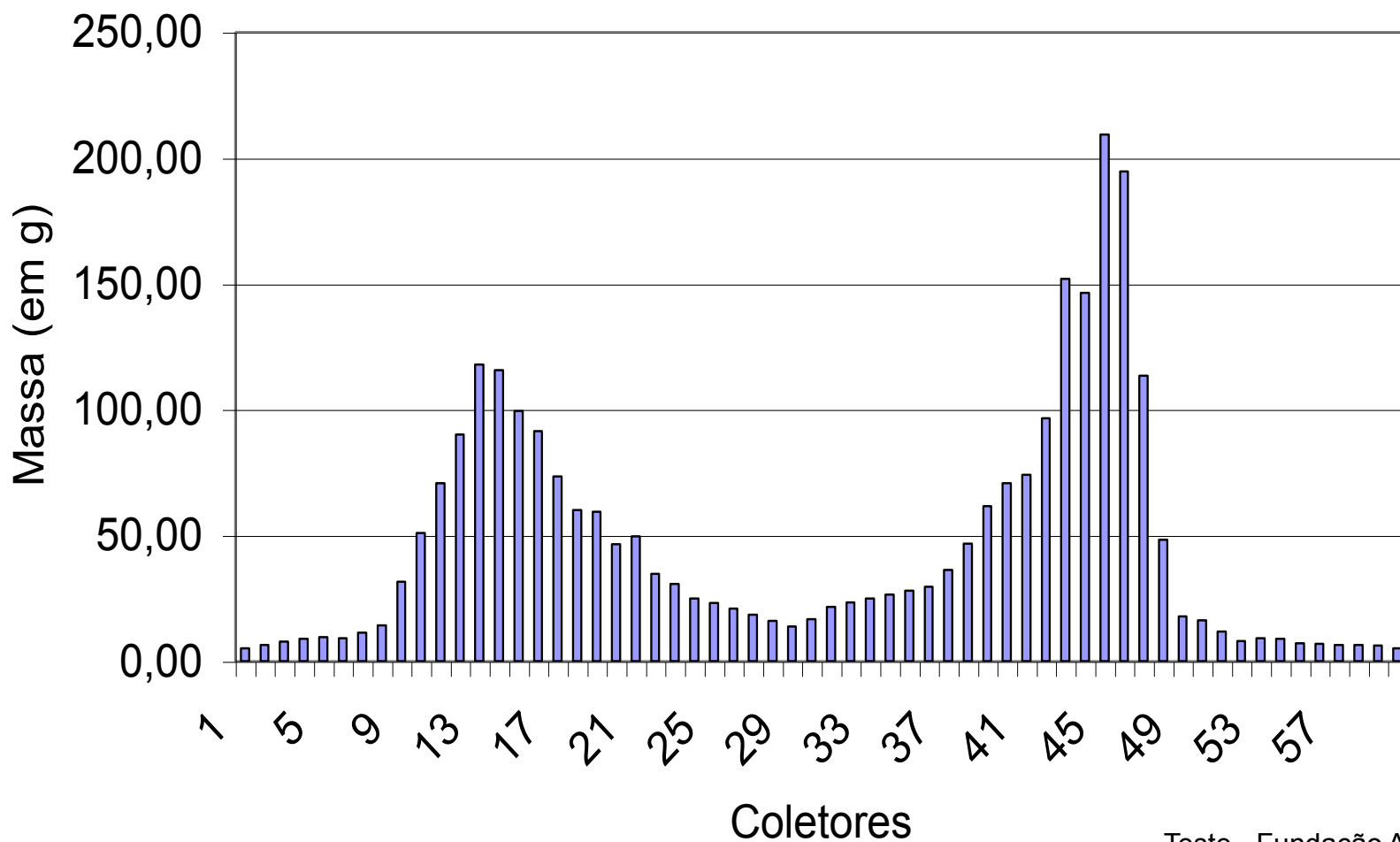




DISTRIBUIÇÃO DO CALCÁRIO



Perfil de distribuição transversal - Modelo DCA 7500
Velocidade: 7,2 km/h



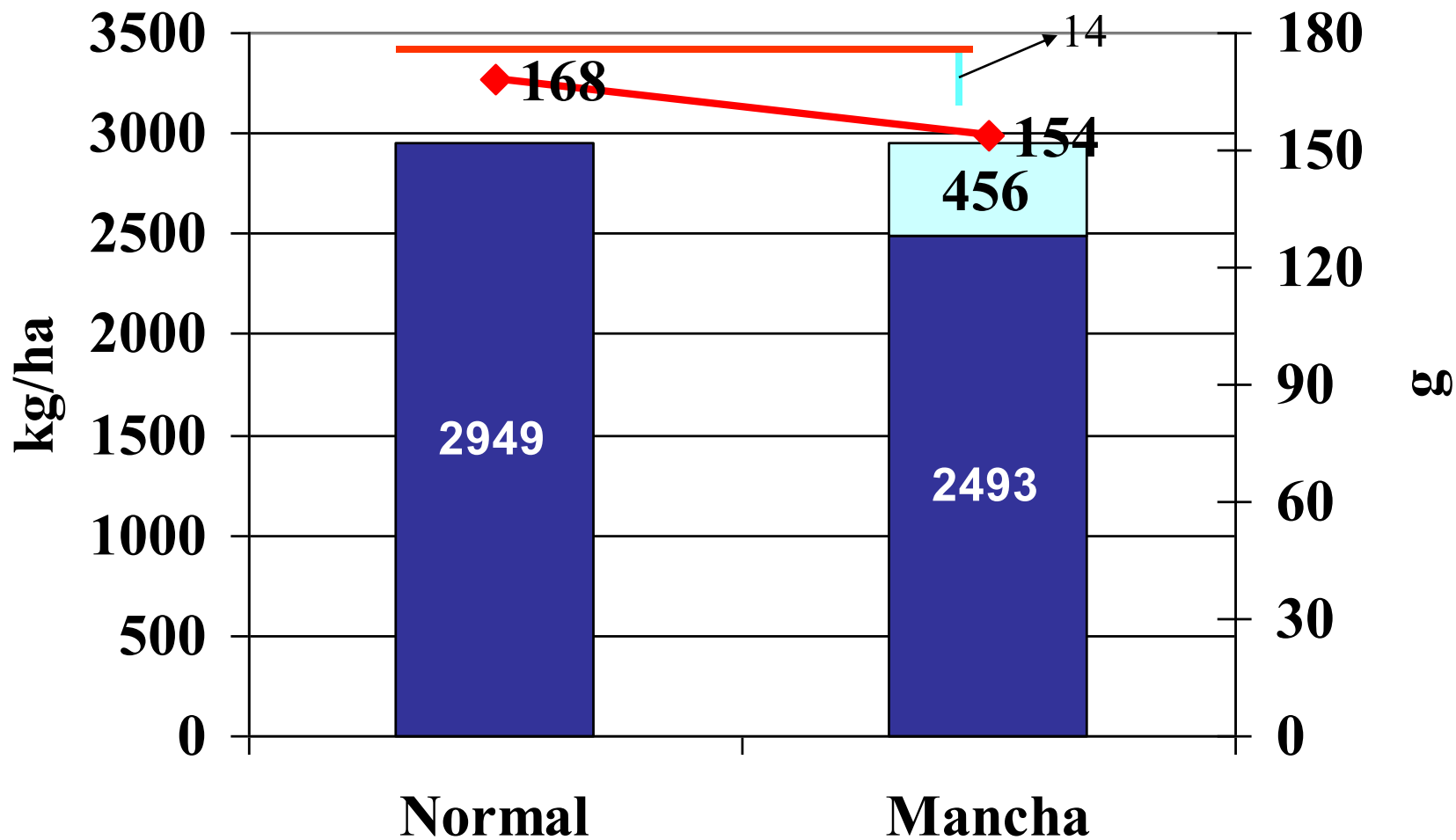
CONSEQUÊNCIA



Prof.	pH	MO*	K	Ca	Mg	V
0-10 cm	CaCl ₂	g/dm ³	-----	mmol _c /dm ³	-----	%
Normal	5.1	54	2.3	26	17	47
Mancha	5.9	51	3.4	53	29	73

* Matéria orgânica

Produtividade e MMG de soja X distribuição de calcário - PD



PRODUTIVIDADE

Diferença

MMG

GESSO

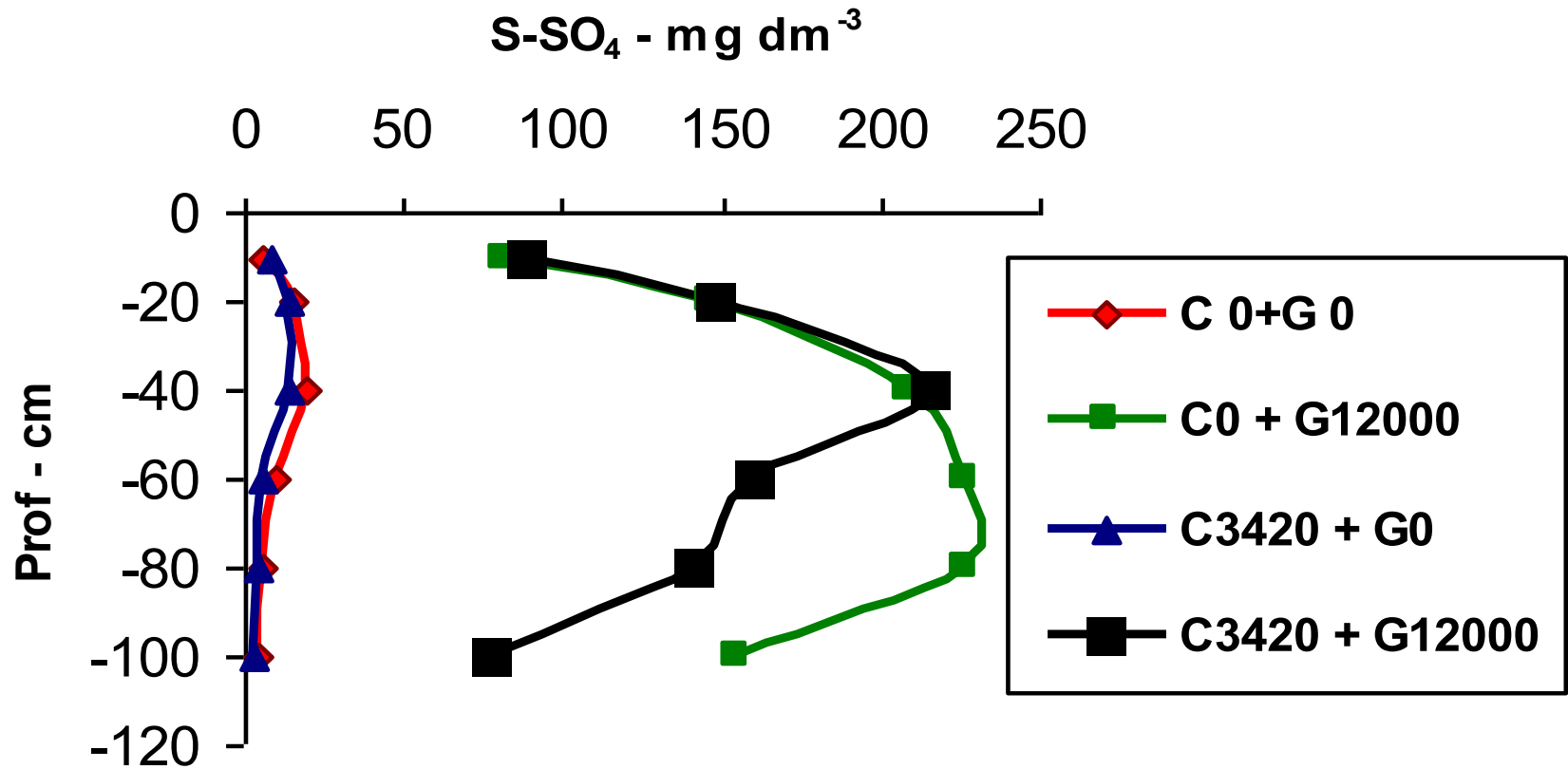
- Fonte de Ca – 24 a 28%
- Fonte de S – 14 a 17%
- Desloca Ca em profundidade
- Contém P_2O_5 – 0,8 a 1,2 % CNA

Decada 70
BRASIL



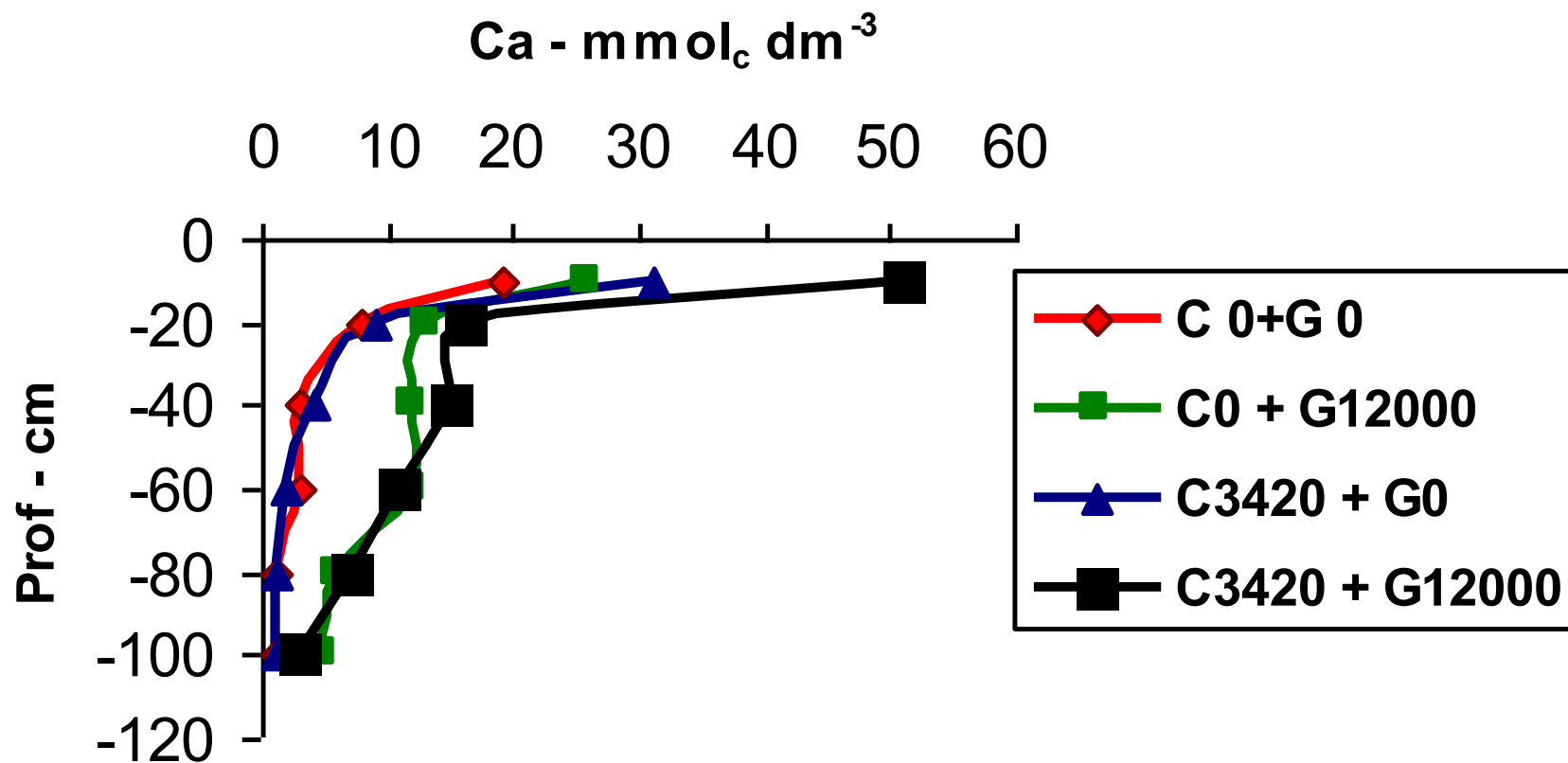
Fonte de Enxofre

S no solo – 1 ano após aplicação



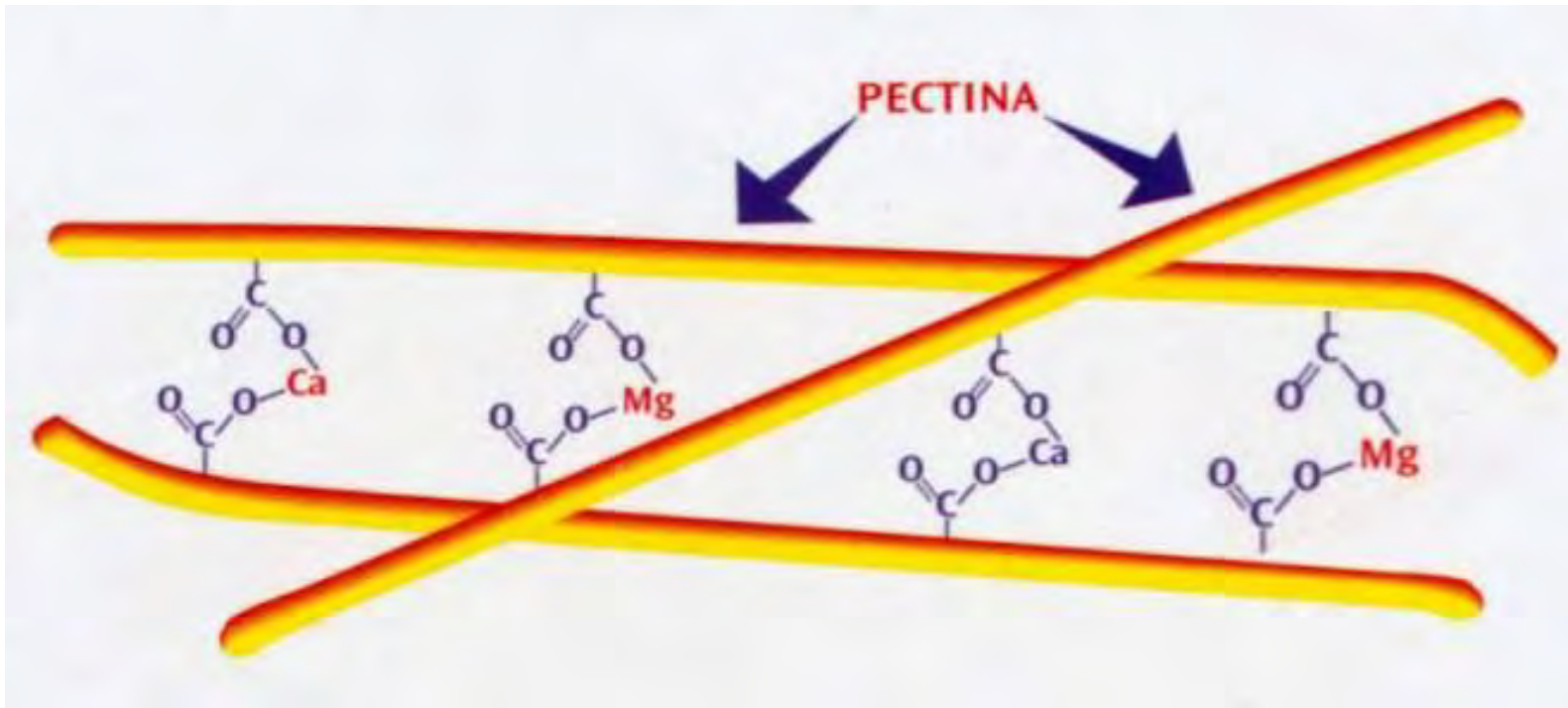
Fonte de Cálcio

Ca no solo – 1 ano após aplicação



Importância do Ca em profundidade no solo

- Ca é imóvel no solo = calagem superficial concentra Ca na superfície
- Ca é imóvel na planta = Ca absorvido pela raiz superficial não é translocado para a raiz mais profunda no solo
- Função do Ca = formação da parede celular/divisão celular – crescimento das raízes



A pectina é parte estrutural da parede celular

→ Íons de Ca e Mg conectam os componentes da pectina.

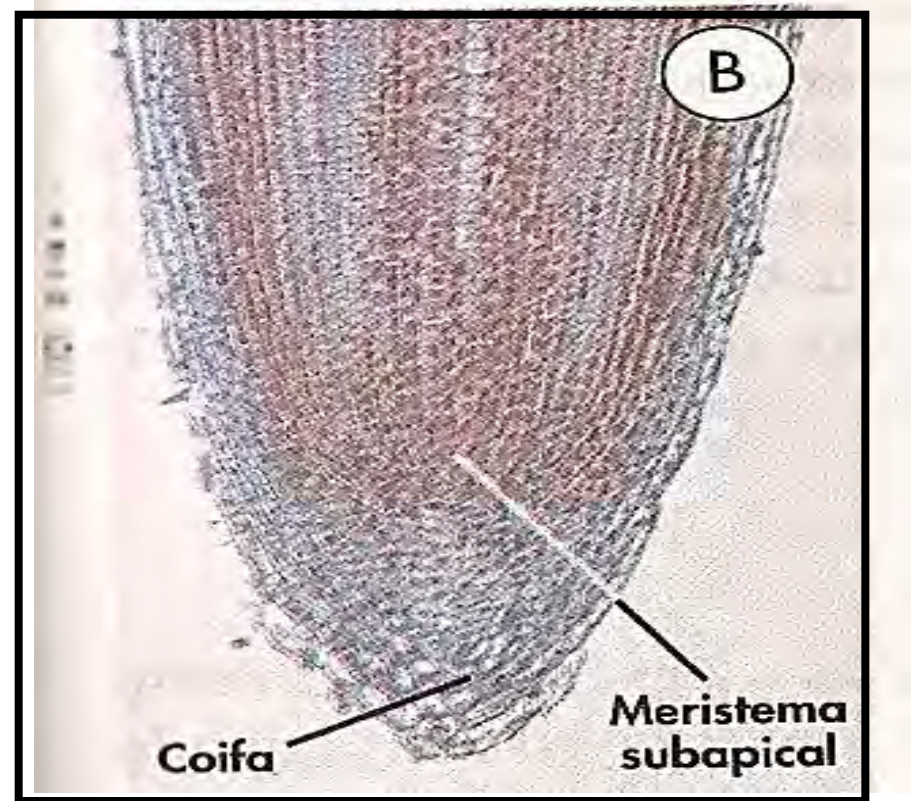
Na ausência destes elementos, a pectina é solúvel.

Importância do Ca em profundidade no solo

- Ca é absorvido na ponta da raiz = portanto precisa estar na região de crescimento. Sem Ca em profundidade a raiz não cresce.
- Ca em profundidade: maior crescimento radicular em profundidade, maior absorção de nutrientes (mais solo explorado) e maior tolerância a veranicos.

Absorção

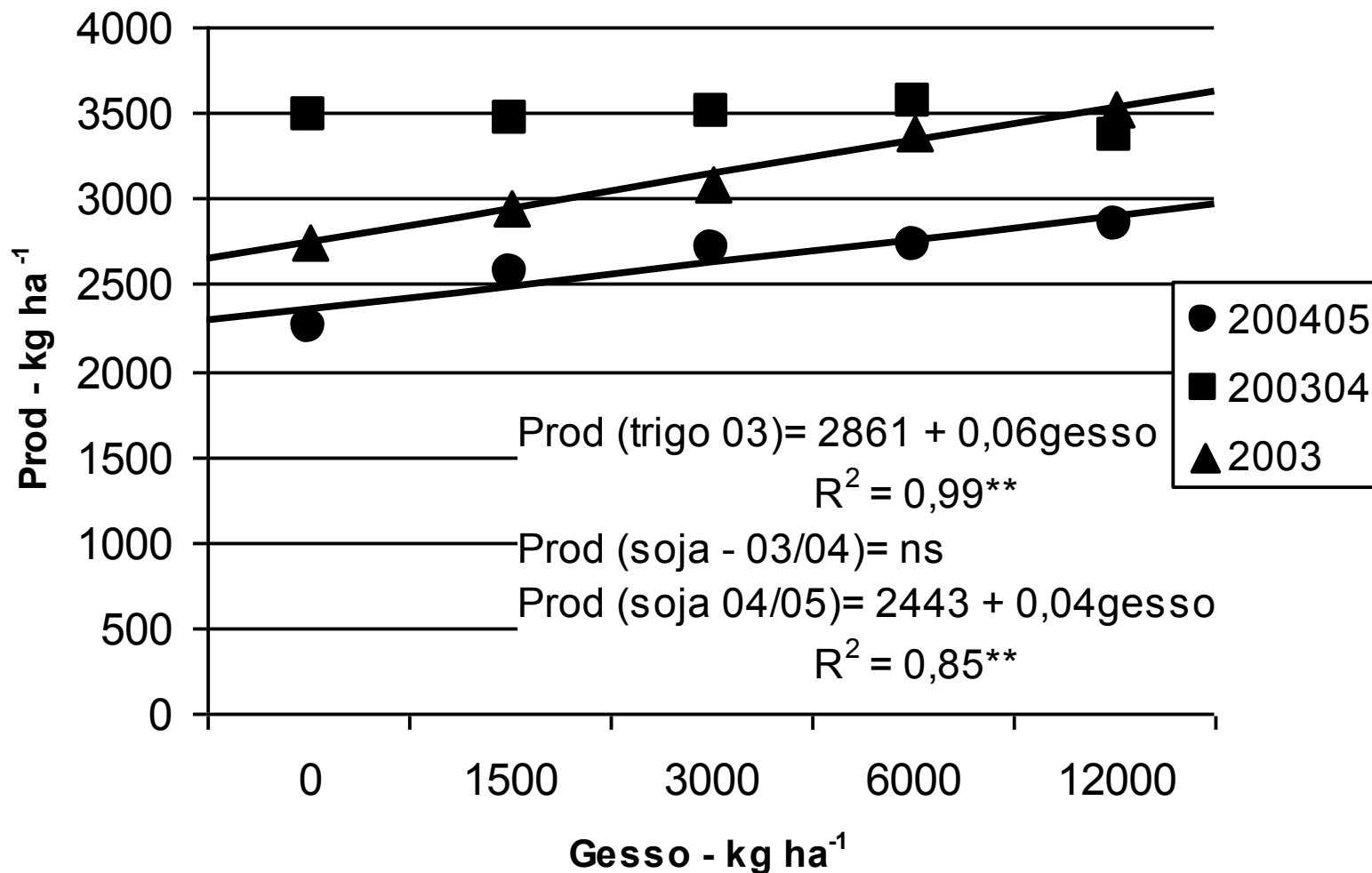
- A absorção do Ca parece estar restrita à região apical da raiz (**Coifa**).



GEDSO

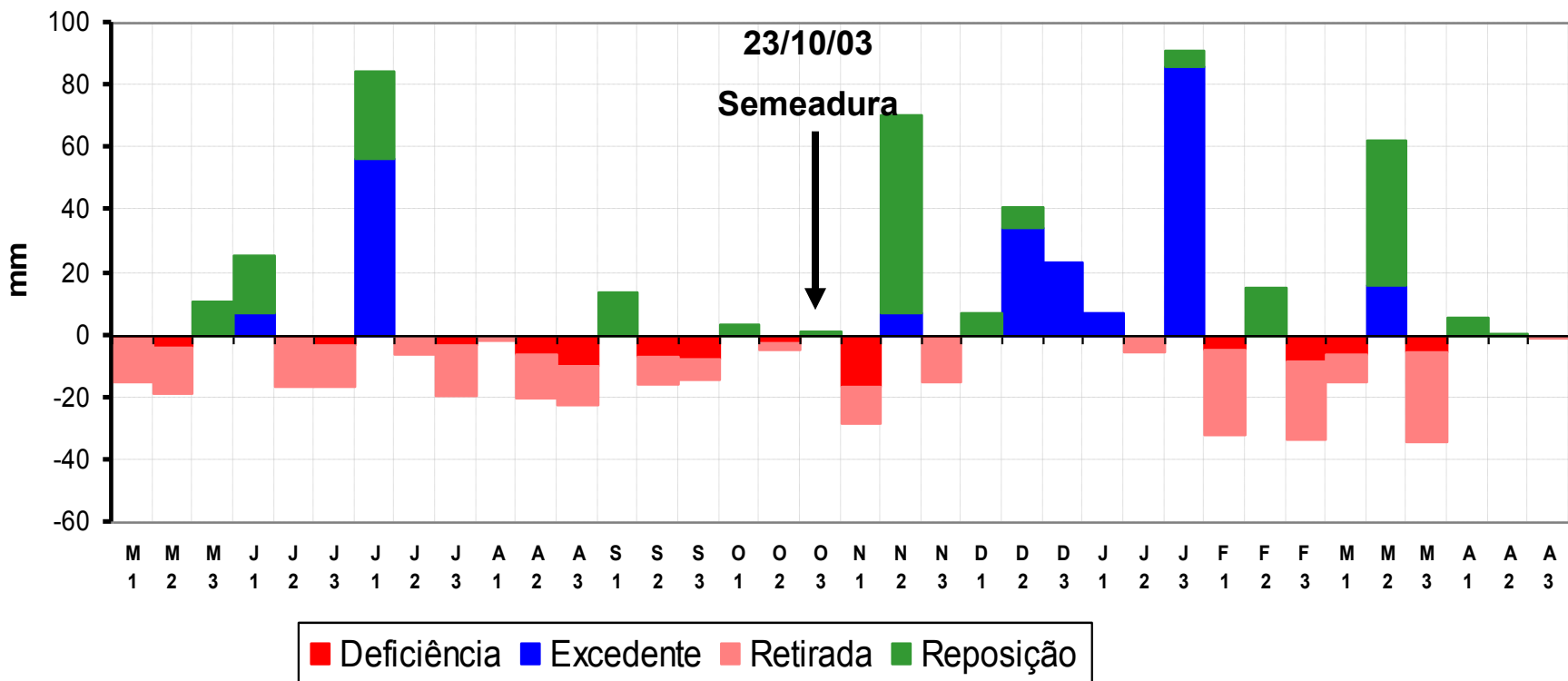
Trigo/Soja/Soja

Produtividade



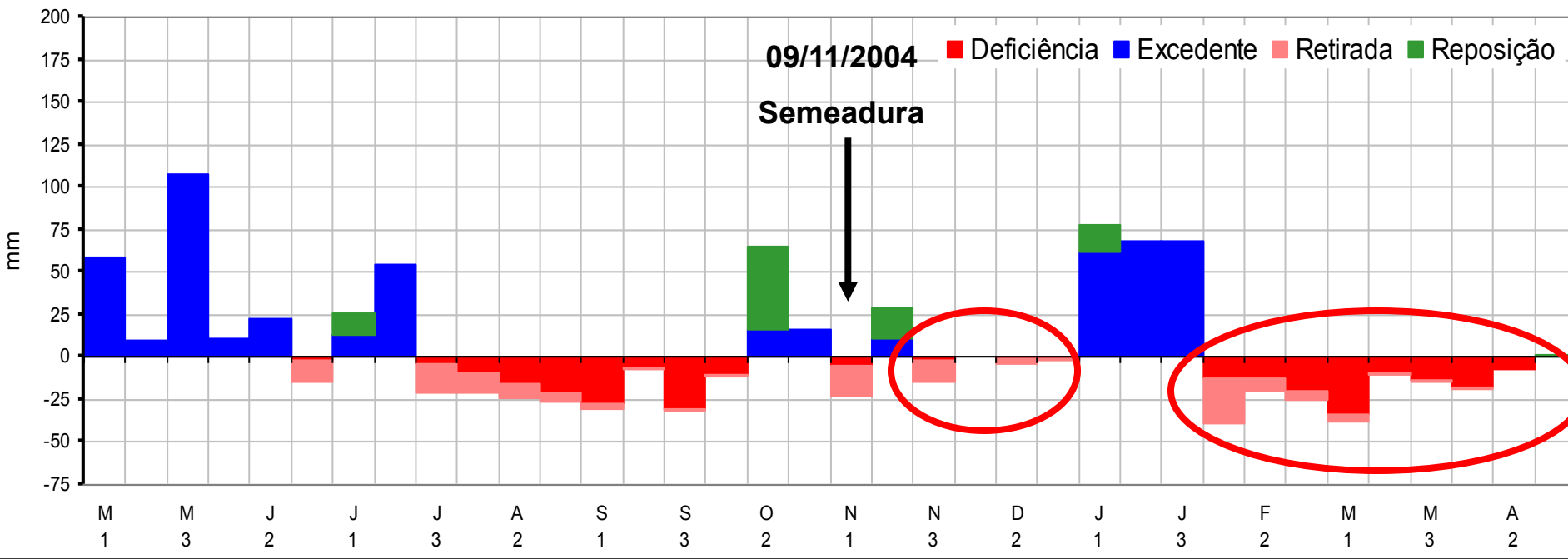
Balanço hídrico: verão 03/04

Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica da safra de verão 2003/04 em Jaguariaíva ao longo do ano

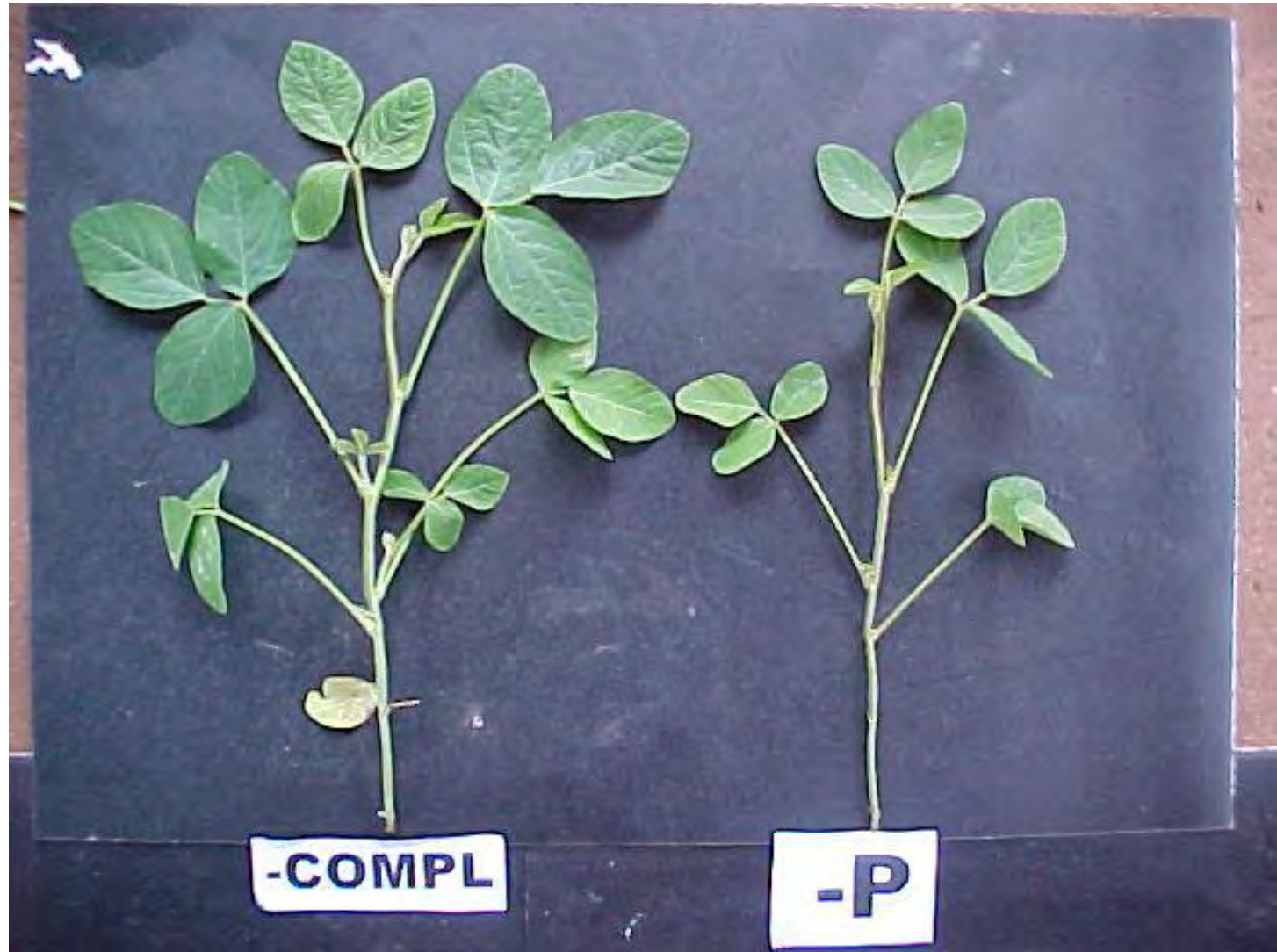
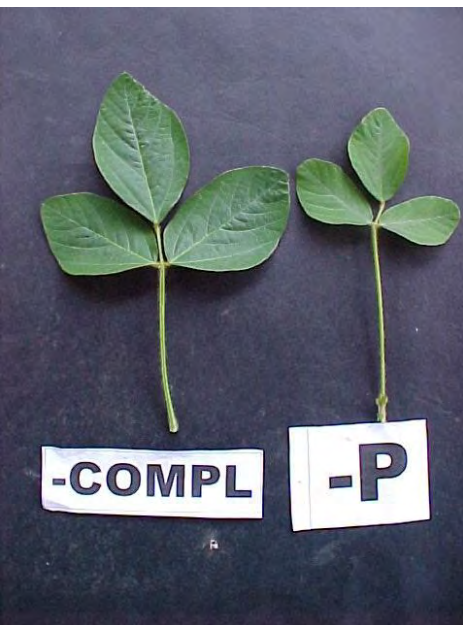


Balanço hídrico: verão 04/05

Balanço Hídrico sequencial, safra verão 2004/05, utilizando evapotranspiração potencial por Penman-Monteith, em Jaguariaíva-PR



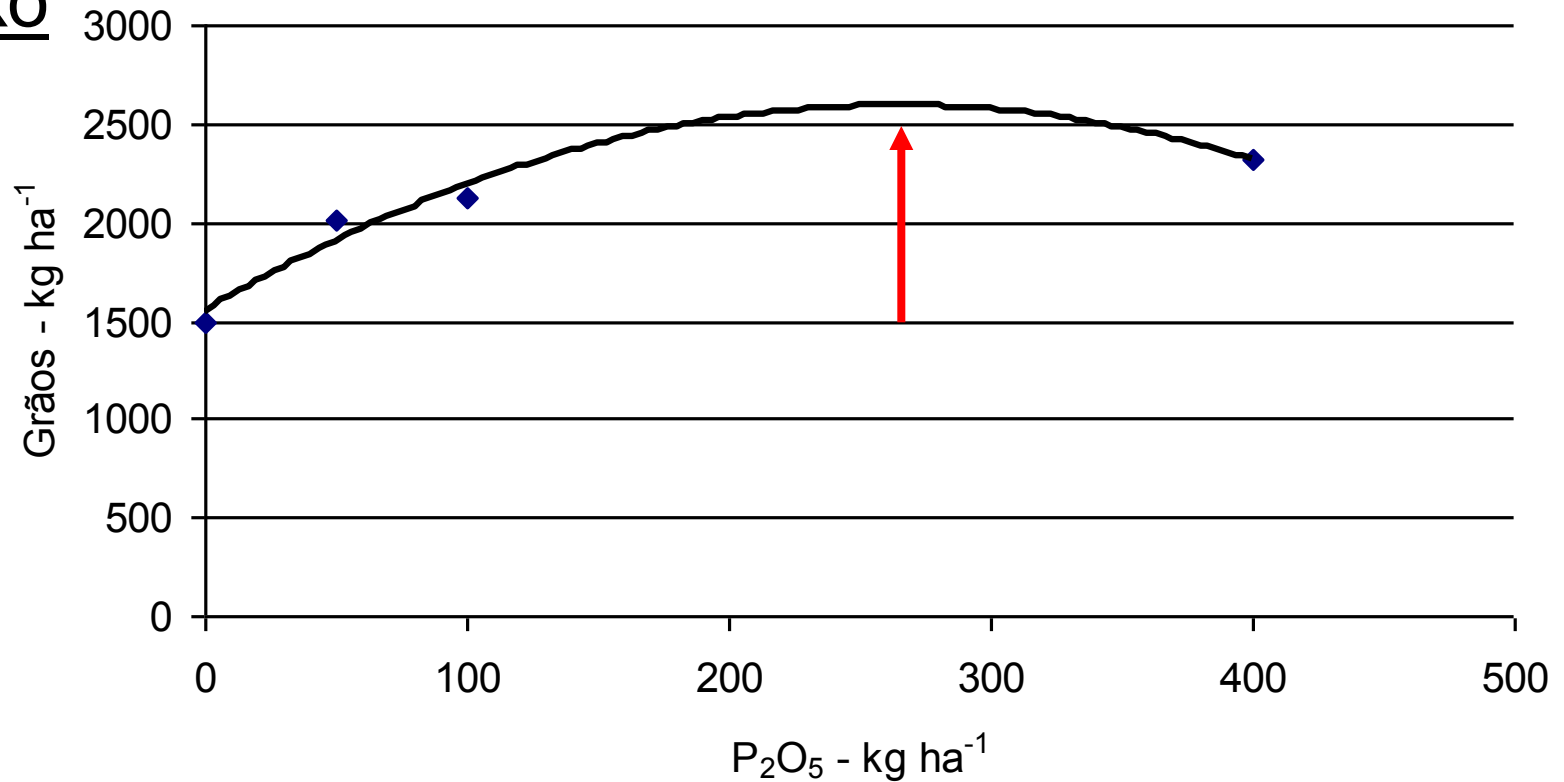
FÓSFORO



FÓSFORO

EFEITO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO SOJA

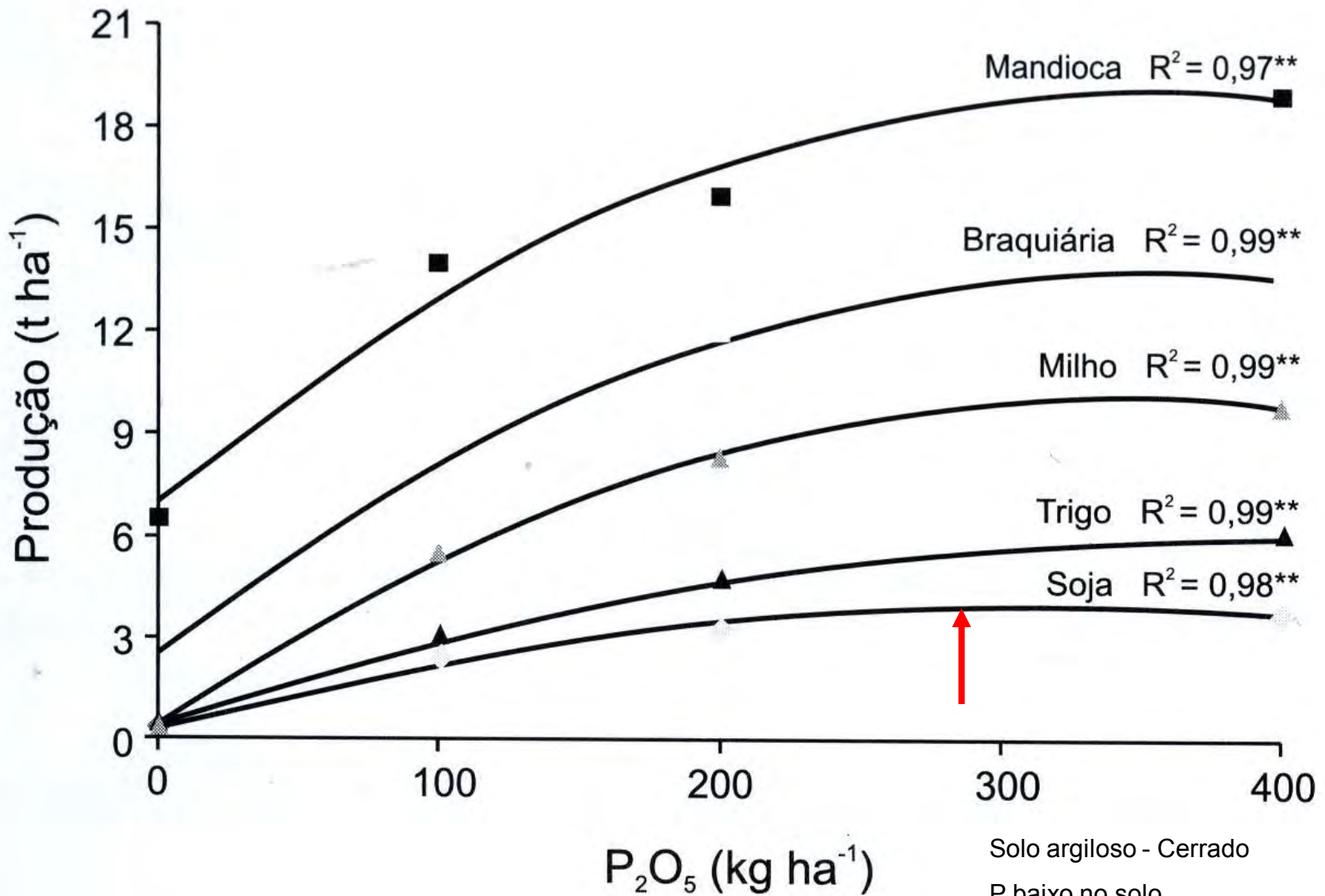
P Baixo



Fonte: Adaptado de Embrapa – CNPT (1988) citado por Vitti (2002)

Solo com baixo P. Aplicação de Superfosfato triplo

Respostas a P



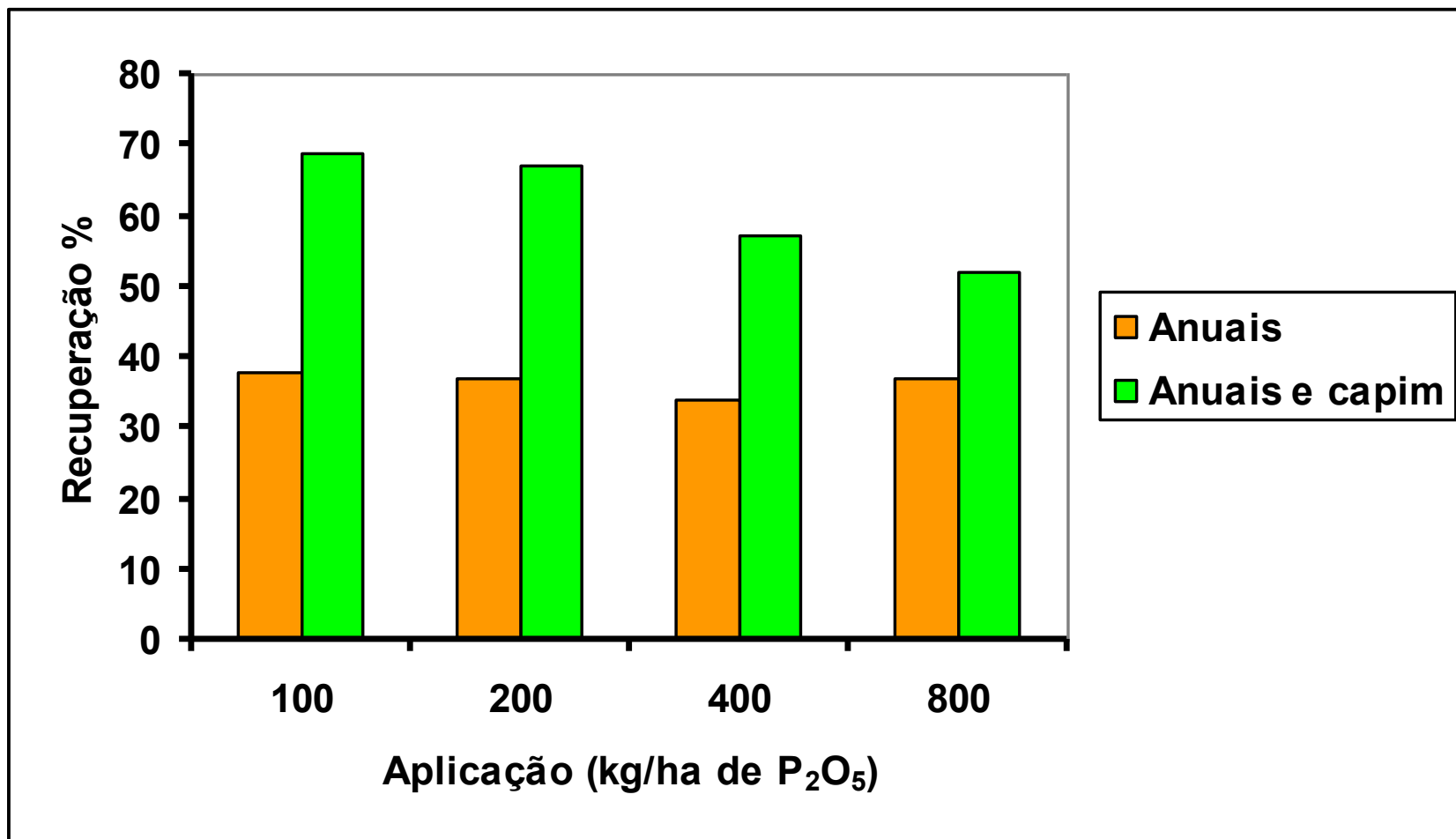
Solo argiloso - Cerrado

P baixo no solo

Adubação a lanço incorporada

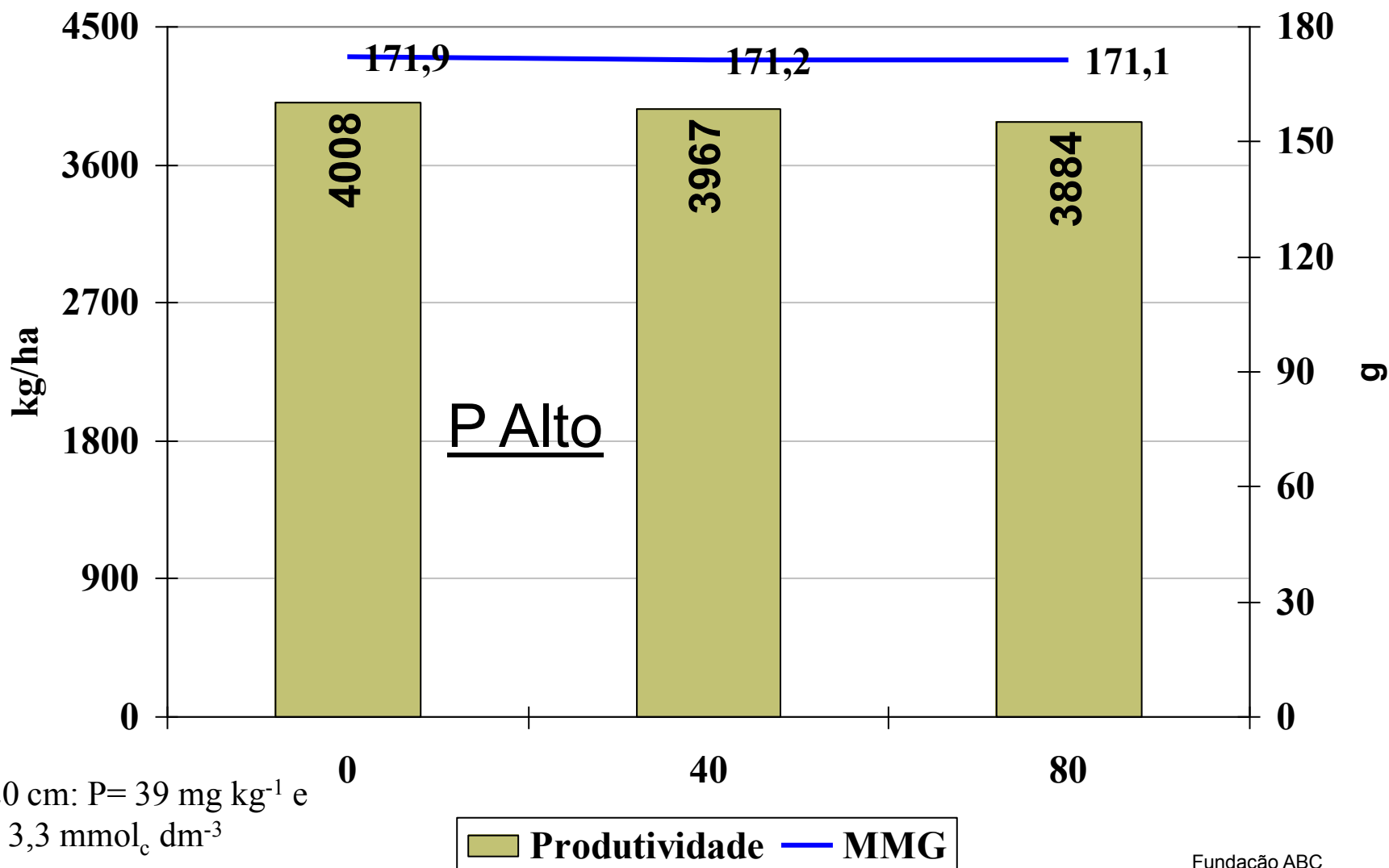
Importância da palha na recuperação do P aplicado

Recuperação de P em um período de 17 anos pela soja e Brachiaria no Cerrado.



Souza e Lobato, Informações Agronômicas 102, 2003.

Efeito de doses de P sobre a produtividade e MMG da soja (efeito imediato) – Safra 1998/1999.



Tabelas de interpretação

RECOMENDAÇÃO DE FÓSFORO PARA A SOJA – PARANÁ

Teor no solo mg dm ⁻³	Solo	
	Argiloso*	Arenoso**
	P ₂ O ₅ - kg ha ⁻¹	
< 3,0	100	80
3,0 - 6,0	80	70
> 6,0	60	20 kg por tonelada

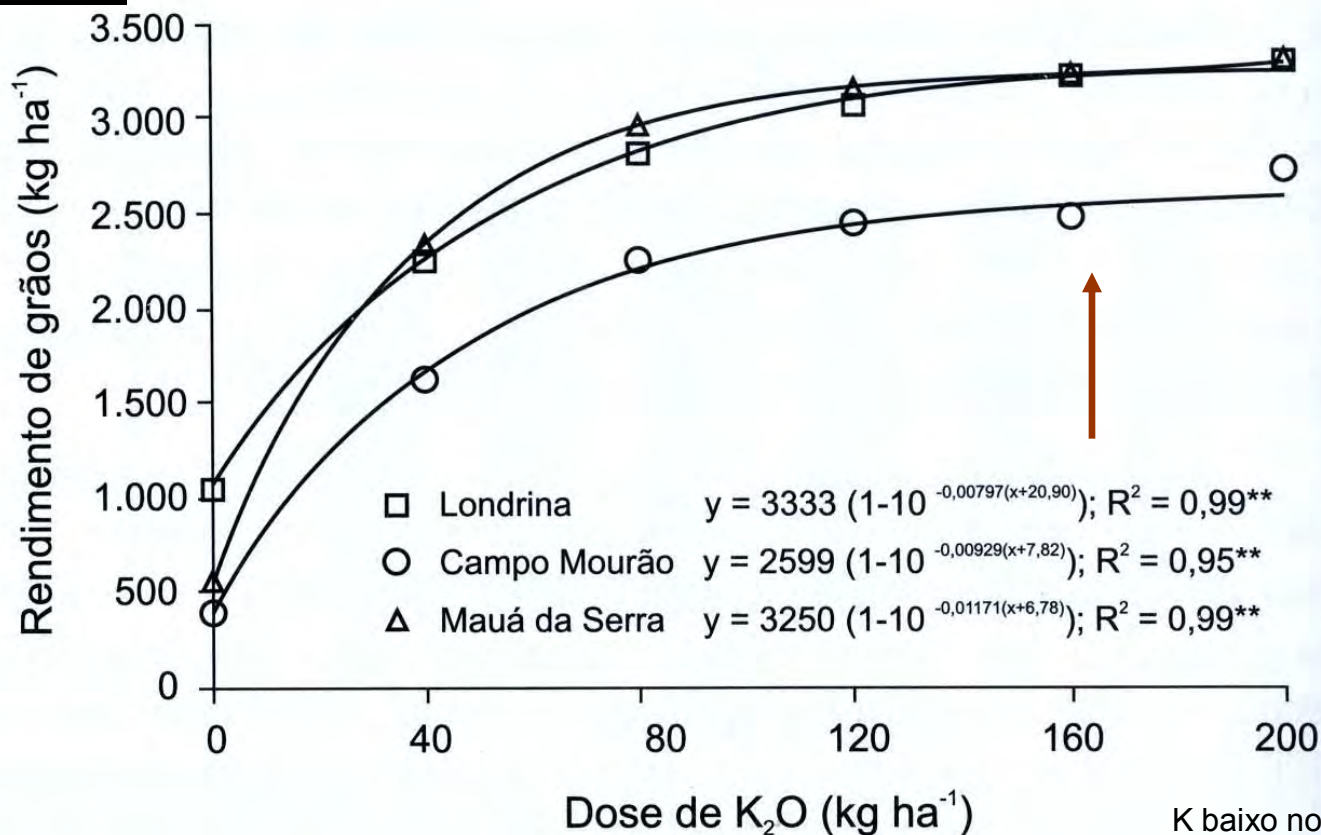
Embrapa Soja, 2005.



POTÁSSIO

EFEITO DA APLICAÇÃO DE POTÁSSIO NA SOJA

K Baixo



Adubação a lanço na semeadura
 Média de 7 safras

Tabelas de interpretação

RECOMENDAÇÃO DE POTÁSSIO PARA A SOJA – PARANÁ

SOLO ARGILOSO

Classe	Solo Argiloso	
	Teor de K	Adubação
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	$\text{K}_2\text{O} - \text{kg ha}^{-1}$
Baixo	< 0,10	90
Médio	0,10 – 0,20	70
Alto	0,20 – 0,30	50
M. Alto	> 0,30	40

Embrapa Soja, 2005.

Tabelas de interpretação

RECOMENDAÇÃO DE FÓSFORO PARA A SOJA – PARANÁ

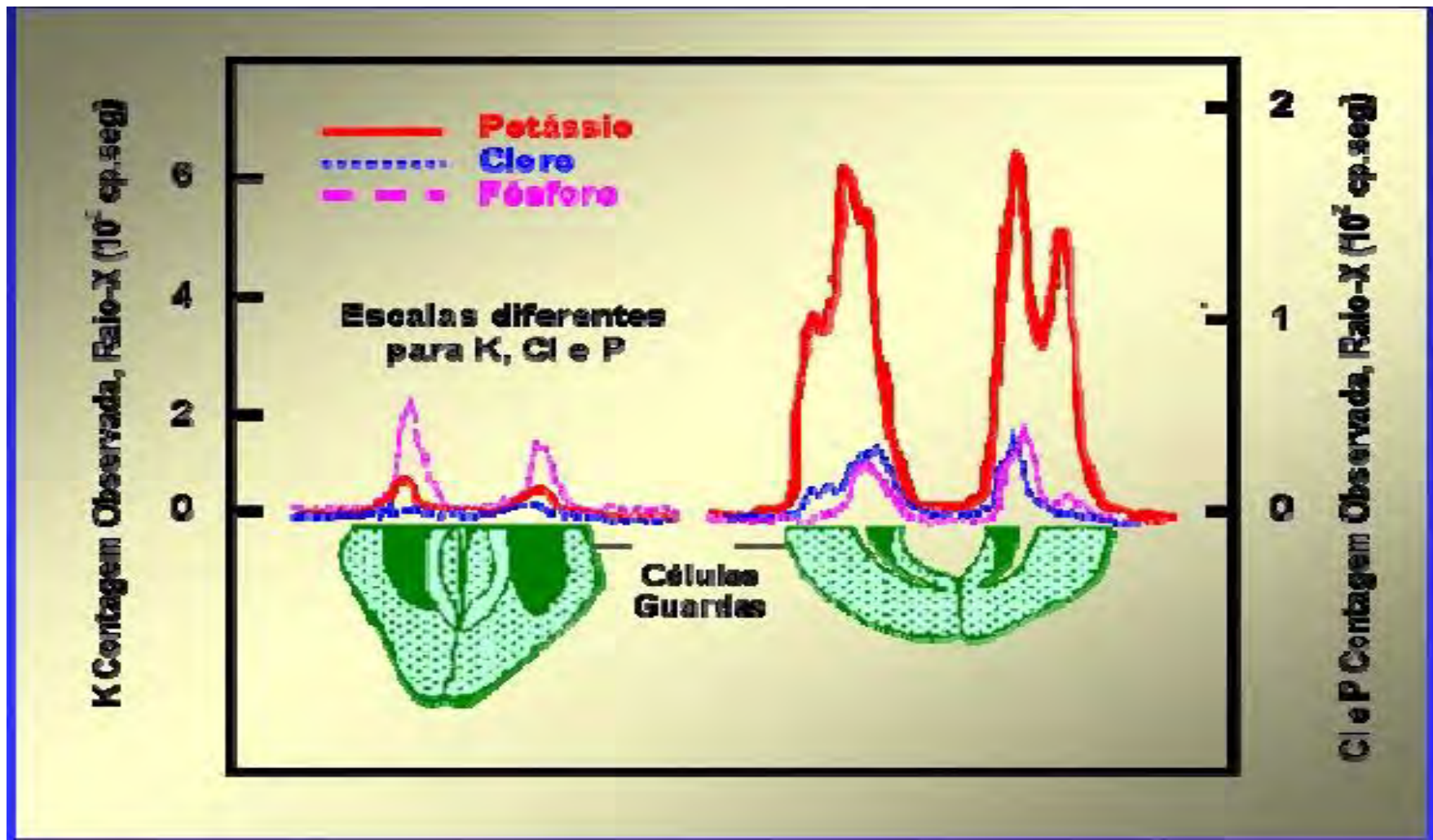
ARENITO CAIUÁ

Classe	Arenito Caiuá	
	Teor de K	Adubação
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	$\text{K}_2\text{O} - \text{kg ha}^{-1}$
Baixo	< 0,06	100
Médio	0,06 – 0,13	50
Alto	> 0,13	20 kg por tonelada 1/3 semeadura

Embrapa Soja, 2005.

MOVIMENTO ESTOMÁTICO x VERANICOS

Concentração de íons (K, Cl e P) nas células guardas com estômatos fechados e abertos (Humble & Raschke, 1971)



Doença x Deficiência de K



Antracnose



Deficiência

DOSES DE MANUTENÇÃO/REPOSIÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO

BALANÇO DE NUTRIENTES

Alta extração e exportação de K



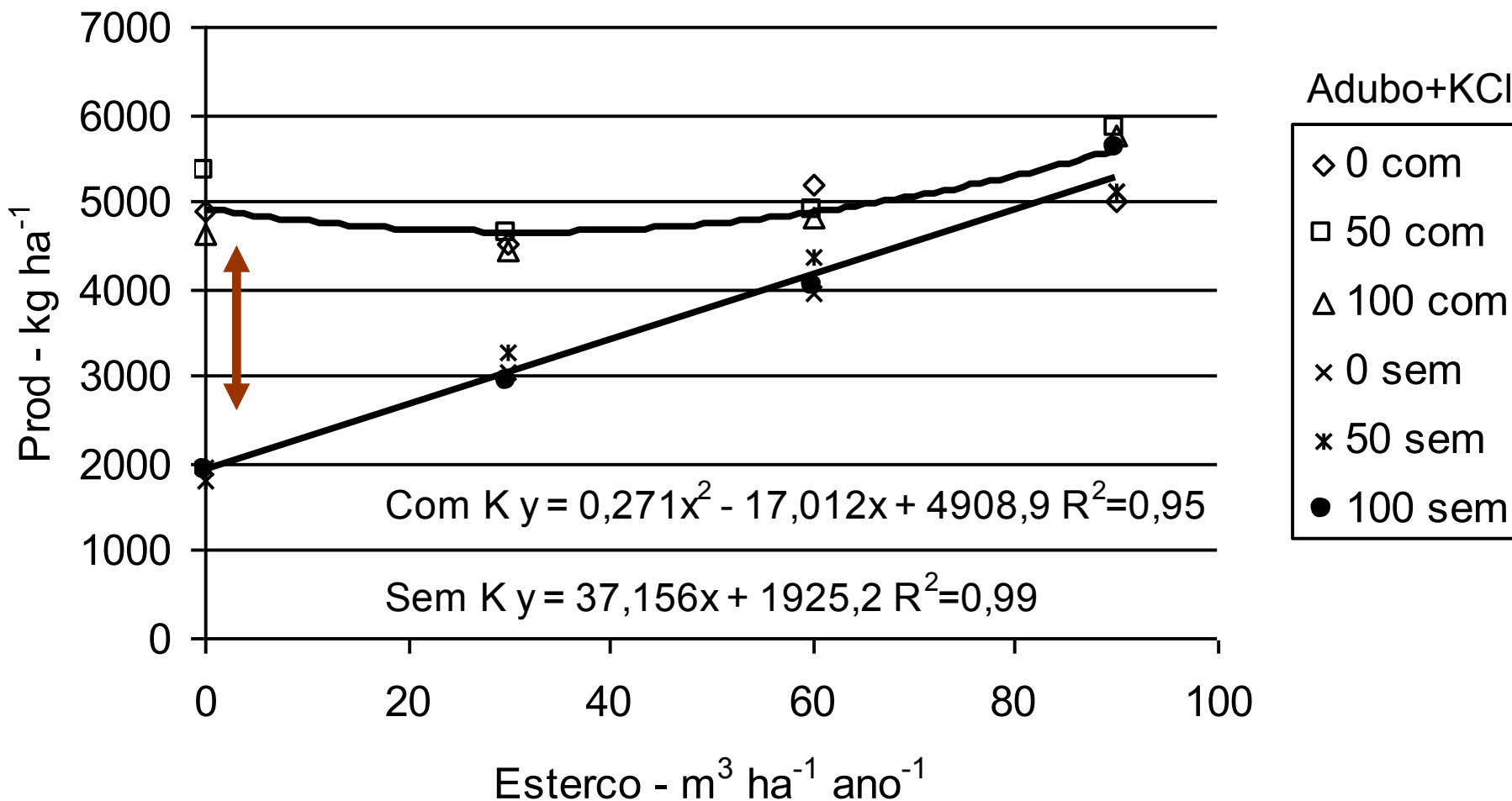
Silagem (kg K por tonelada de grãos):

- milho: 18,2

- azevém: 12,6 (matéria seca)

7º. Ano após colheita
 de silagem

Soja – 2005/06



Adubo: somente cobertura: 270 kg ha⁻¹ de KCl

DOSE de correção x manutenção

TEOR DE NUTRIENTES NO SOLO

Classe	P resina	K ⁺
Muito Baixo	< 5	≤ 0,7
Baixo > dose	5,1 - 9	0,8 - 1,5
Médio	9,1 - 18	1,6 - 3,0
Alto Balanço	> 18	3,1 - 6,0

EXTRAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES - SOJA

Por tonelada de grãos

	Planta	Grãos	%*
	Macronutriente kg		
N	79,4	59,2	74
P ₂ O ₅	16,7	12,6	75
K ₂ O	38,5	22,6	59
Ca	13,1	2,9	22
Mg	7,1	2,3	32
S	8,3	3	36
	Micronutriente g		
Fe	460	134,3	29
Cu	26	13	50
Zn	61	37,7	62
B	77	22	29
Mn	130	33,7	26
Mo	6,5	5	77

*Do exportado (grãos) em relação ao extraído (planta toda)

Pauletti, 2004

BALANÇO DE NUTRIENTES

Exemplo 1

	Soja	Milho safrinha	Soja	Soja	SALDO
Kg ha ⁻¹	2800	5000	2800	2800	
P ₂ O ₅					
Exportação	35	44	35	35	
Adubação	60	60	60	60	
Saldo	24,7	16,5	24,7	24,7	90,6
					X 0,6=
					57,6
K ₂ O					
Exportação	63	29	63	63	
Adubação	60	60	60	60	
Saldo	-3,17	31,2	-3,17	-3,17	21,69

BALANÇO DE NUTRIENTES

Exemplo 2 – alta produtividade

	Soja	Milho safrinha	Soja	Soja	SALDO
Kg ha ⁻¹	4000	7000	4000	4000	
P ₂ O ₅					
Exportação	50	60	50	50	
Adubação	60	60	60	60	
Saldo	10	0	10	10	30
					X 0,6= 18,0
K ₂ O					
Exportação	90	40	90	90	
Adubação	60	60	60	60	
Saldo	-30	20	-30	-30	-70

BALANÇO DE NUTRIENTES

**ADUBA MAIS QUEM
PRODUZ MAIS**

BALANÇO DE NUTRIENTES
EVOLUÇÃO DA FERTILIDADE
X
BANCO DE DADOS

Evolução da fertilidade

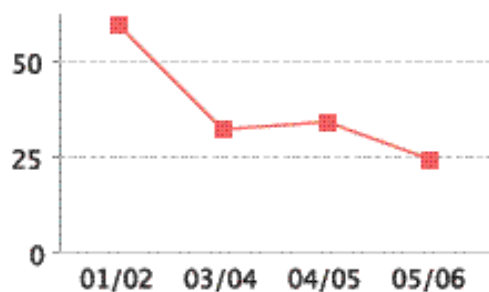
Representação Gráfica das Análises Químicas

Fazenda: ITU

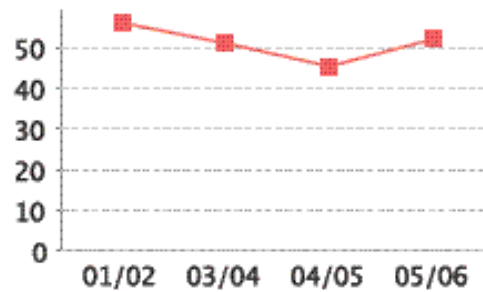
Gleba: 14

Safra	P resina	M.O	pH	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	Al%	
1	01/02	58.50	58.00	4.75	73.00	2.50	4.15	33.00	14.00	51.15	124.15	41.48	5.62
2	03/04	32.33	51.00	4.73	69.33	3.67	3.23	26.33	15.00	44.57	113.90	38.98	7.76
3	04/05	34.33	45.33	4.83	58.00	2.00	2.87	38.33	16.00	57.20	115.20	49.69	3.48
4	05/06	24.50	52.00	4.60	65.50	6.50	2.35	18.00	12.50	32.85	98.35	32.55	24.29

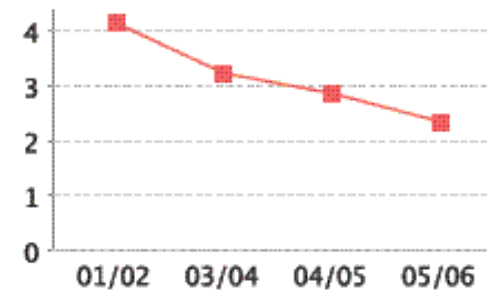
P resina



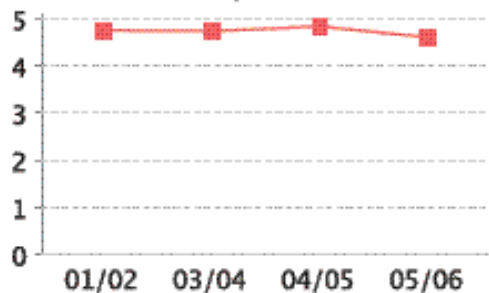
M.O



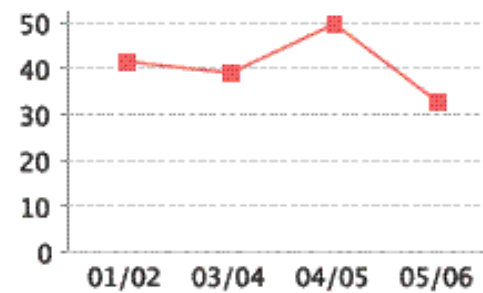
K



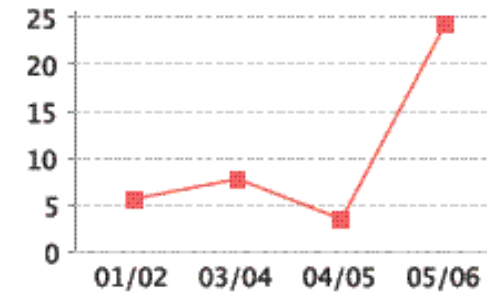
pH



V %



Al %



NITROGÊNIO NA SOJA

Inoculação



ENXOFRE NA SOJA

Soja exige (kg por tonelada de grãos)

Planta= 8,3

Grão: 3,0

Fonte de S:

Matéria Orgânica: >95% do S do solo

Algumas fontes de enxofre

Material	S (%)
S elementar	98 – 99
Sulfato de alumínio	14,0
Sulfato de amônio	24
Sulfato de cobre	12,8
Sulfato de ferro	19,0
Gesso	14 – 17
Sulfato de magnésio	13,0
Sulfato de manganês	14,5
Sulfato de potássio	18,0
Sulfato de potássio e magnésio	22,0
Superfosfato simples	11,9
Superfosfato triplo	1,4

Fatores que contribuem para o aparecimento de deficiências de S...

- ★ Cultura a ser explorada:
 - ★ culturas forrageiras de alta produtividade (híbridos de capim bermuda e alfafa) removem mais S.

- ★ Textura do solo:
 - ★ lixiviação de sulfato nos solos arenosos maior que nos argilosos.

Fatores que contribuem para o aparecimento de deficiências de S...

- * **Matéria orgânica:**
 - * solos com menos 2% MO comumente apresentam deficiência de S

- * **Qualidade da água de irrigação:**
 - * lagos e rios contêm altos níveis de S em comparação com água de poços profundos

ESTRATÉGIA DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NA SOJA

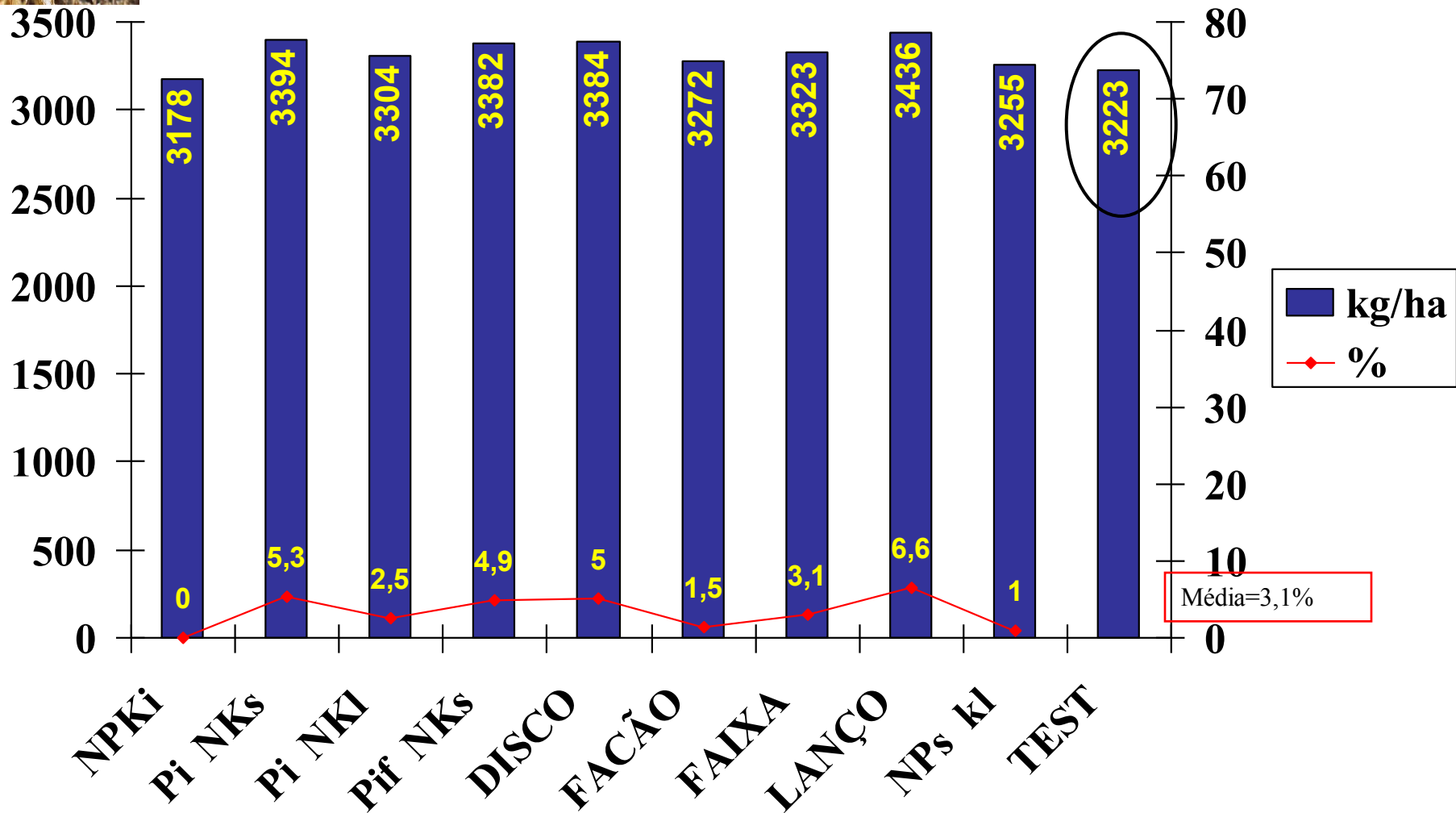
Análise do solo inicial:

<i>Prof.</i>	<i>pH</i>	<i>P</i>	<i>MO</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>V</i>	<i>Al</i>
<i>cm</i>	<i>CaCl₂</i>	<i>mg/dm³</i>	<i>g/dm³</i>	<i>----- mmol/dm³ -----</i>	<i>-----</i>	<i>-----</i>	<i>---- % ----</i>	<i>-----</i>
0-5	5.9	122	66	4	66	39	78	0.0
5-10	5.4	43	59	2.6	56	32	64	0.0
10-30	5.1	11	48	1.4	34	16	47	1.9

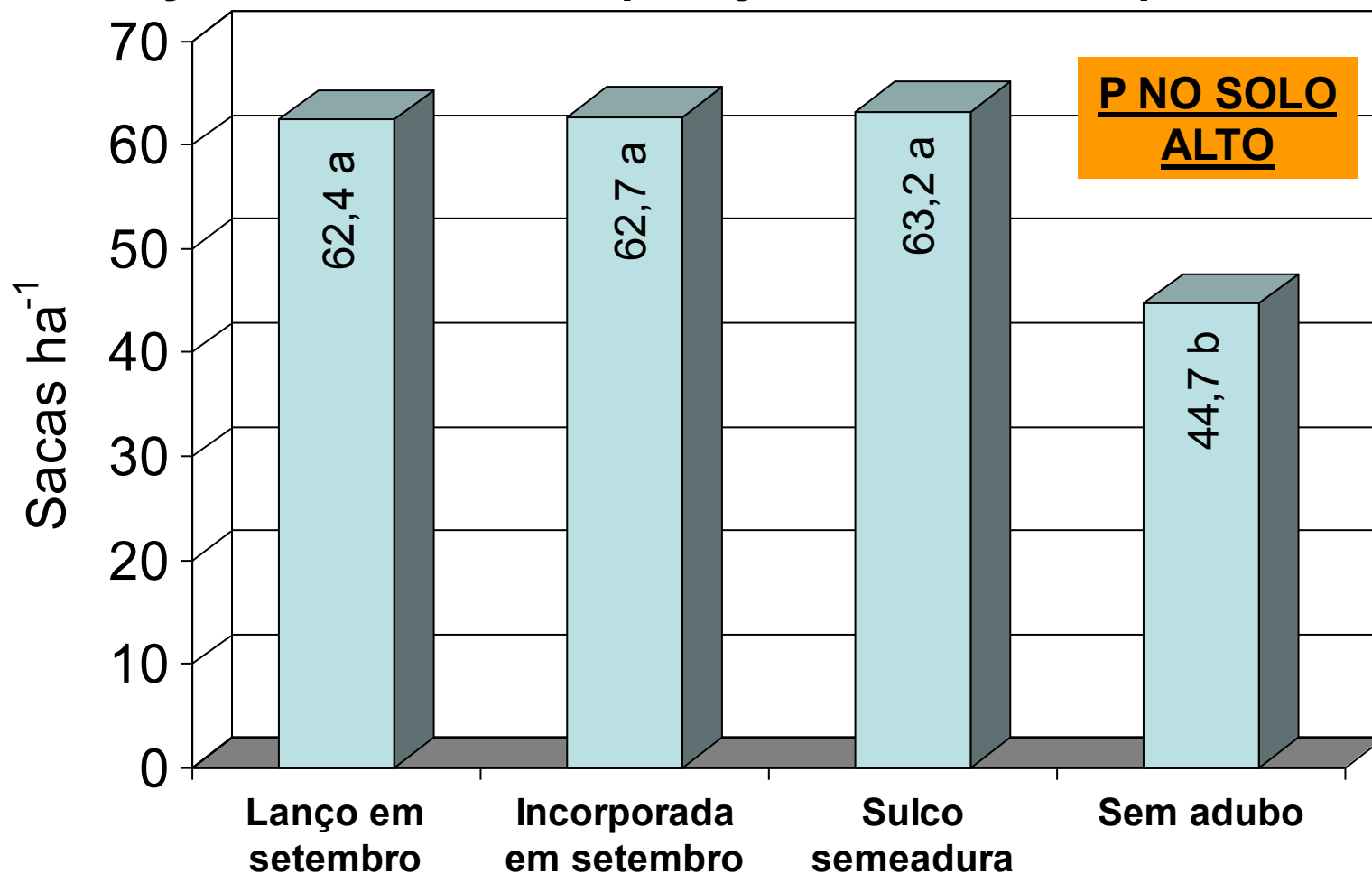
<i>Prof.</i>	<i>Argila</i>	<i>Areia</i>	<i>Silte</i>
<i>cm</i>	<i>----- % -----</i>		
0-5	30	35	35
5-10	39	33	28
10-30	46	32	22



Variação da produtividade de soja (média de 3 anos) em função das formas de aplicação de adubo



Produtividade de soja (média de 7 anos sucessivos) em função das formas de aplicação de adubo em plantio direto

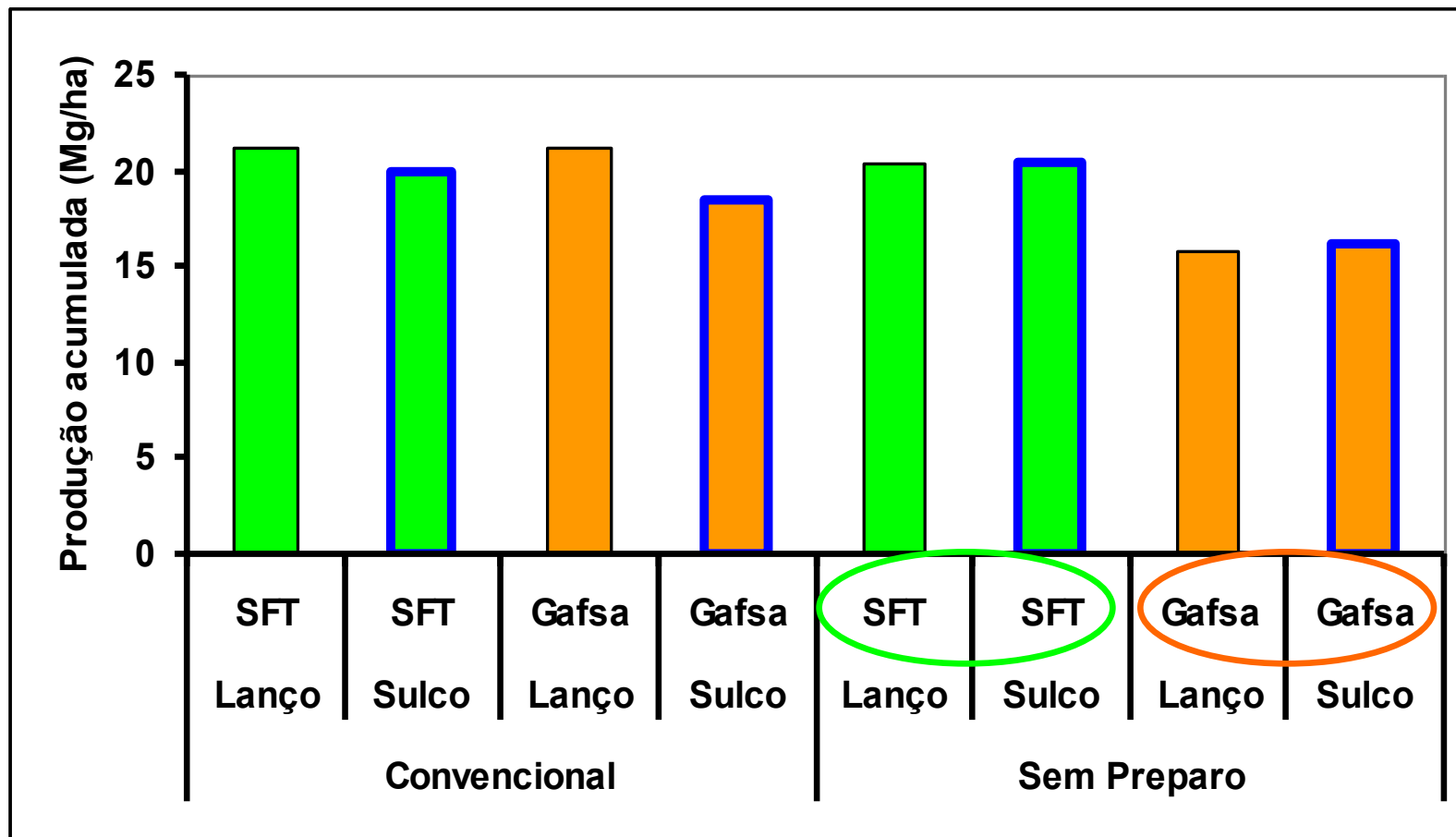


Tratamento incorporado em setembro – linhas distanciadas de 0,45 m.

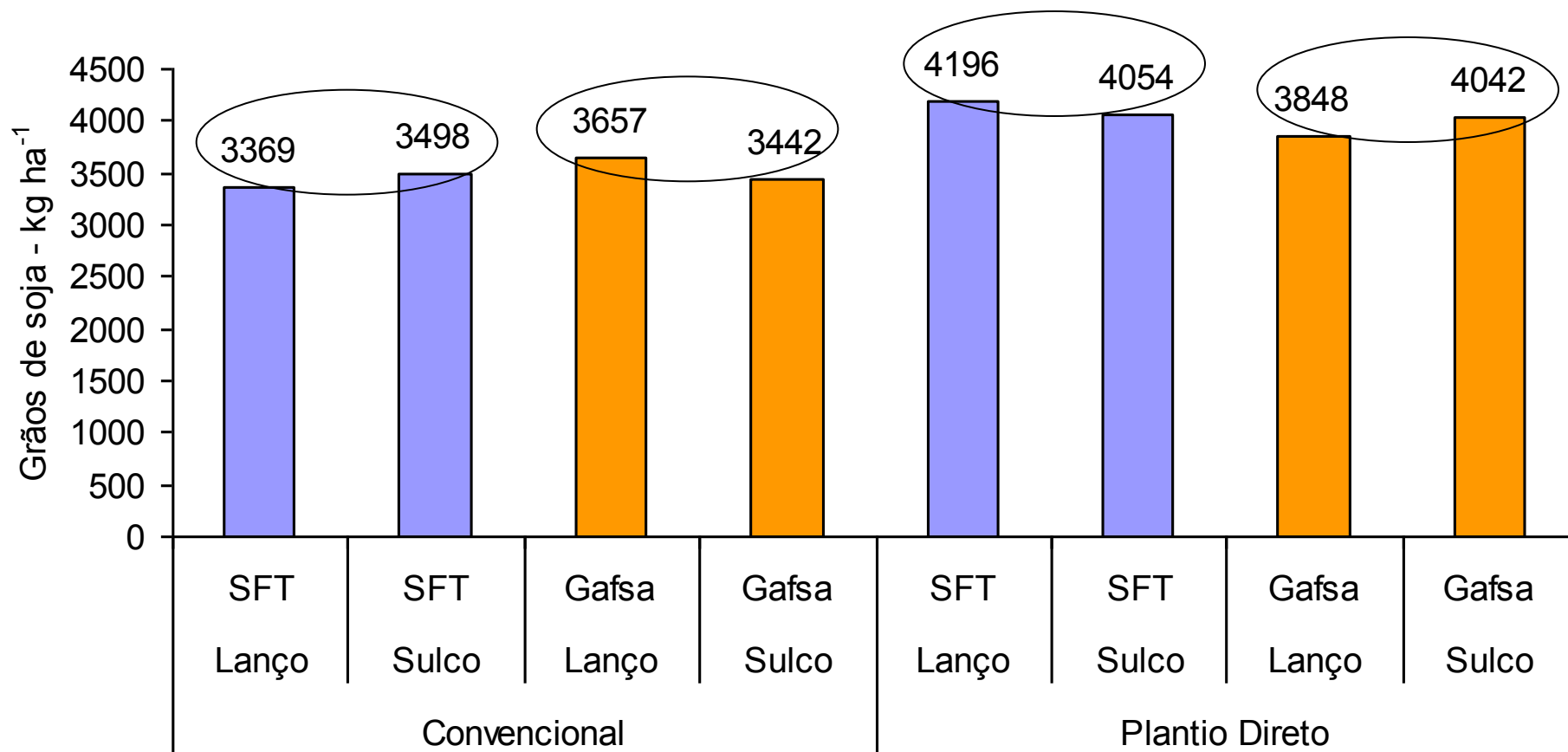
Adubo Fosmag: dose anual de 85 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O.

Teor de P no solo = bom

Efeito da fonte e forma de aplicação de P sobre a produtividade acumulada de oito cultivos de soja, no Cerrado.



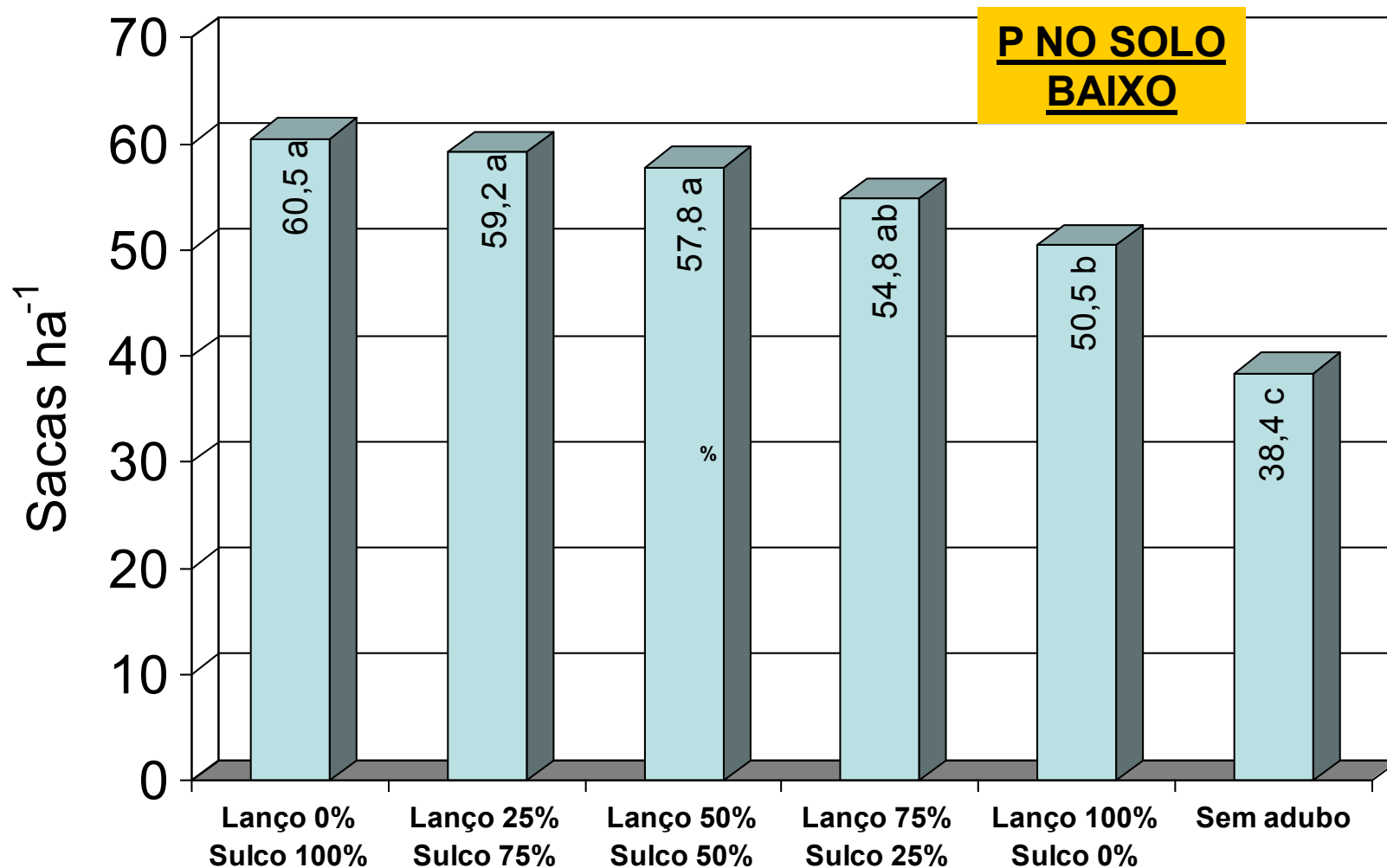
Efeito da fonte e forma de aplicação de P sobre a produtividade de soja 14 anos após o início do experimento, Planaltina/DF



Aplicação de 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅

Nunes et al., 2011, Informações Agronômicas 2011

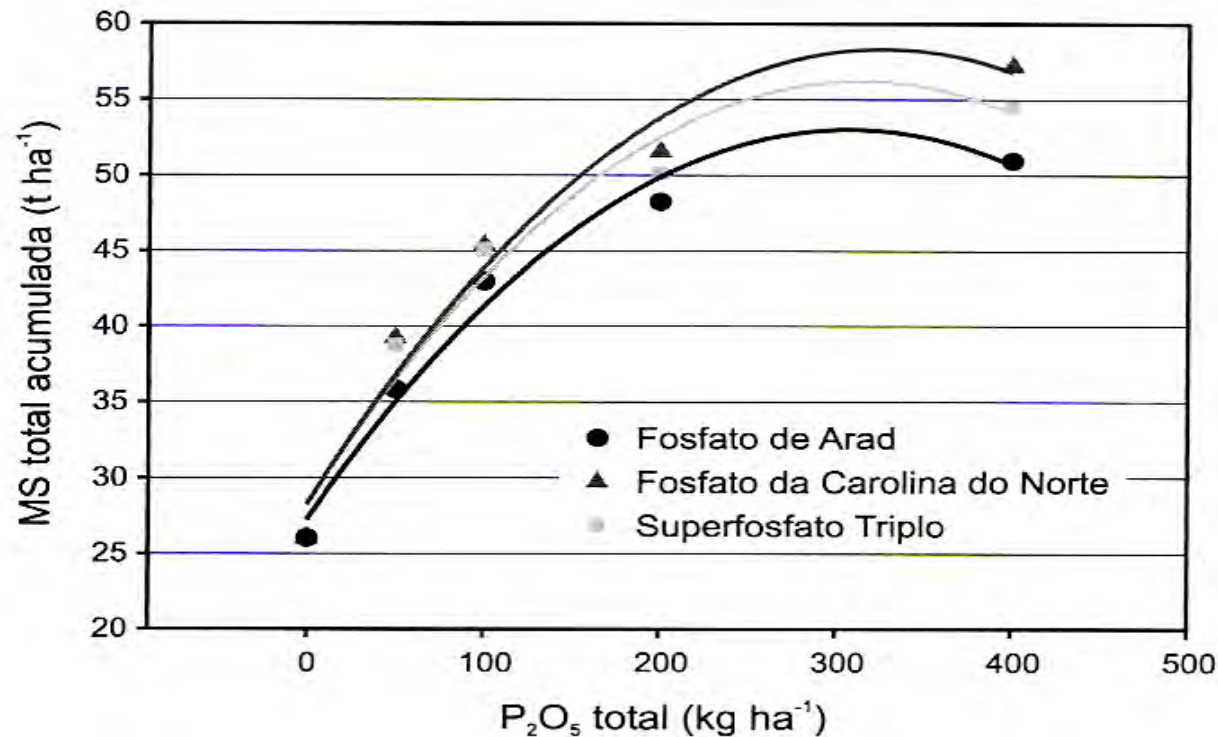
Produtividade de soja (média de 3 anos sucessivos) em função das formas de aplicação de adubo em plantio direto



Adubo 04:23:23 – 400 kg ha⁻¹

Teor de P no solo = baixo

Efeito da adubação fosfatada na produção de massa seca em Braquiaria



Produção acumulada de matéria seca total em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, avaliação de sete cortes, de abril de 1996 a maio de 1998. Campo Grande, MS.

Fonte: Macedo (2004)

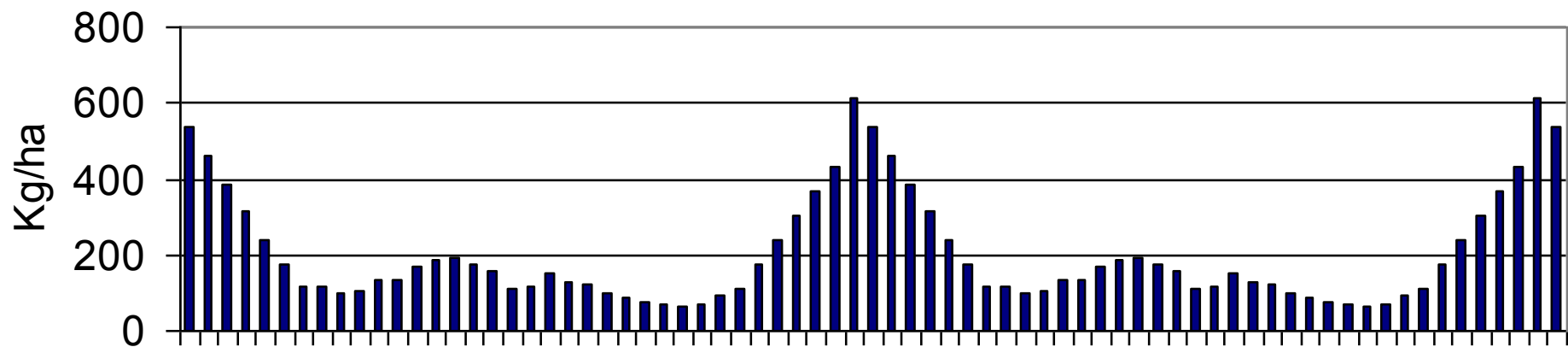
Deficiência de K soja



Baixo K solo
KCl a lanço

DISTRIBUIÇÃO DE ADUBO A LANÇO

Perfil da Distribuição - 18m - Distribuidor 3 (adaptação)



Gimenes, dados não publicados, F.ABC



**QUEM SABE UM DIA:
ADUBO FLUÍDO**

19 16:40

APLICAÇÃO - RESUMO

TEOR DE P OU K NO SOLO

BAIXO



100% no
Sulco

MÉDIO



Entre 30 -50% no
sulco

ALTO



Pode ser todo em
superfície

PREOCUPAÇÃO

Perdas de SOLO e ÁGUA por erosão

Perdas de solo por hectare por ano

Convencional



29,2 t/ha

Direto



2,2 t/ha

Fonte: Adaptado de Castro et al., 1986.

PERDAS NO SEDIMENTO+SUSPENSÃO

Tipo de preparo	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO+MgO	Uréia
 kg ha ⁻¹ cultivo ⁻¹			
A+2G	27	145	399	19
E+1G	23	125	234	12
SDI	22	161	207	6

(Bertol, 2001)

Erosão na linha



Erosão em sulco - Rolândia



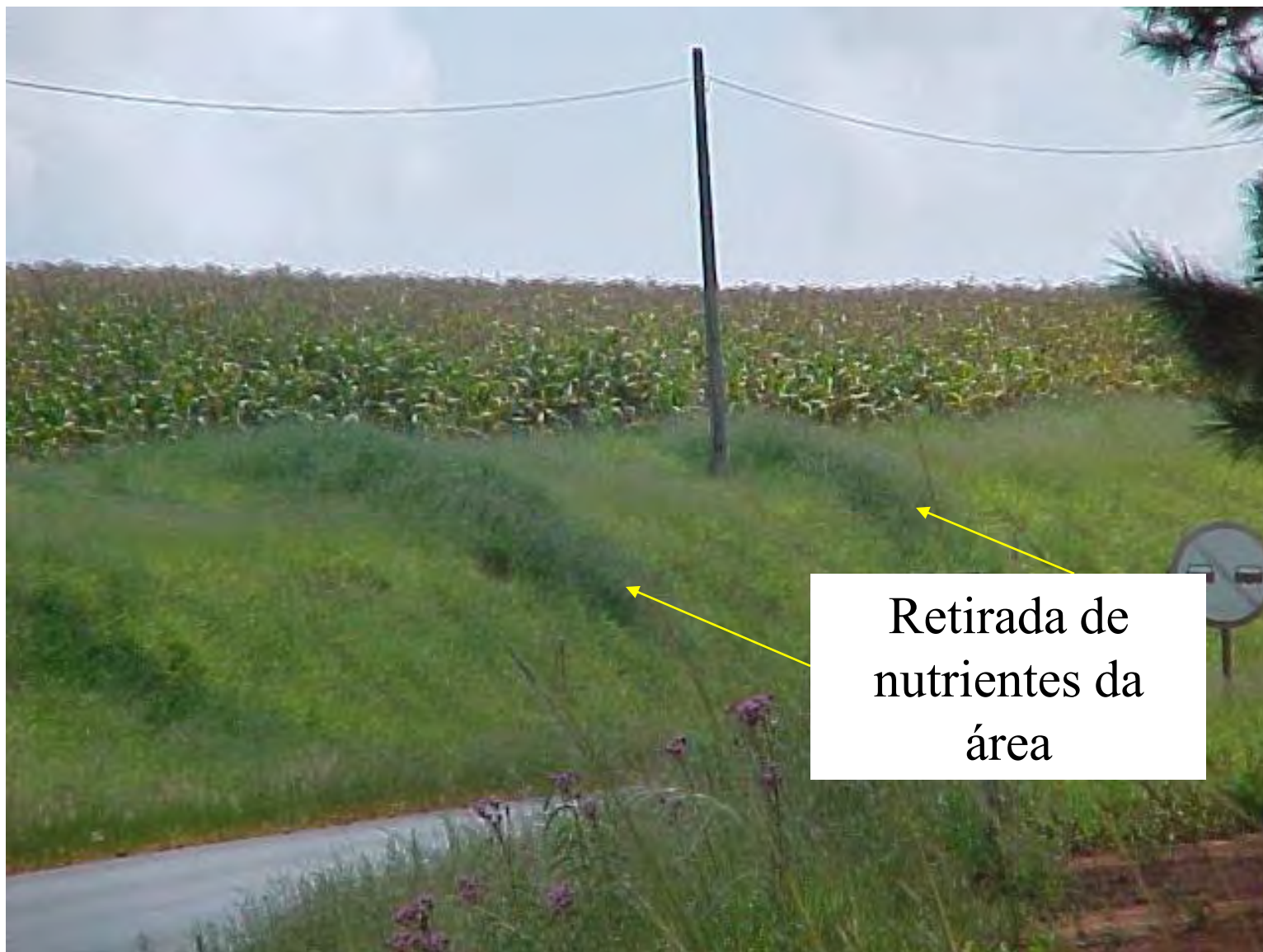
Lavoura - Castro



Lavoura - Mambore

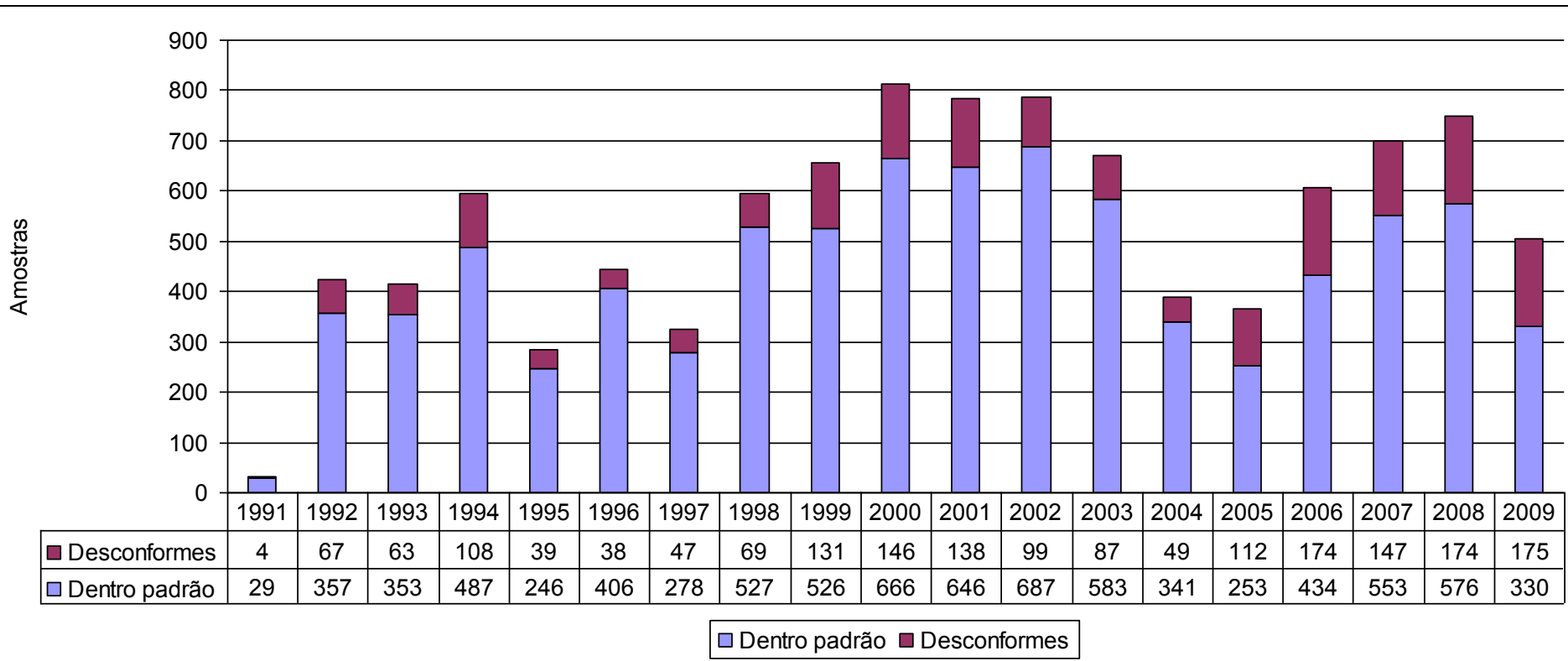


Perda de Nutrientes



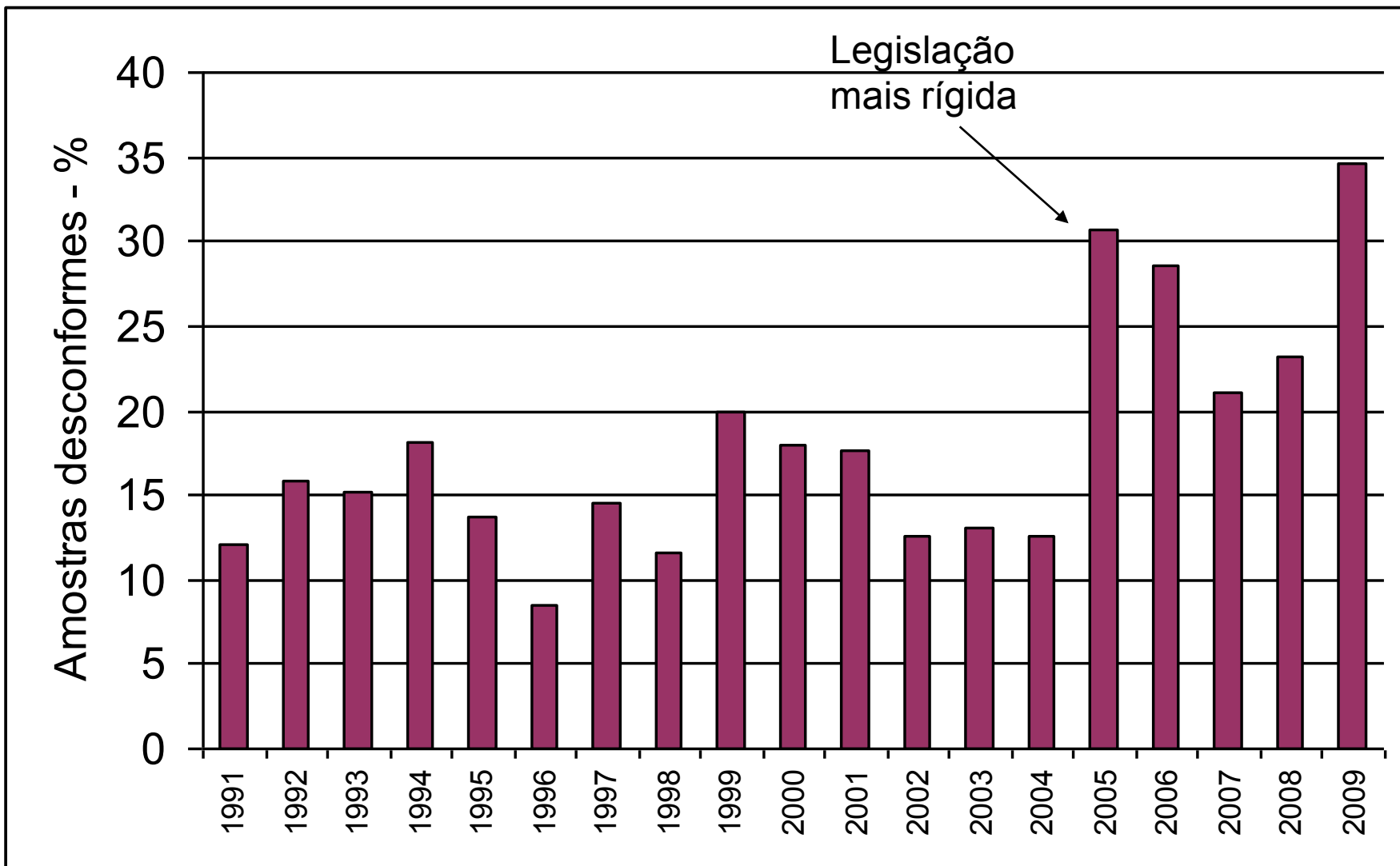
QUALIDADE DOS FERTILIZANTES

QUALIDADE DE FERTILIZANTES - PR



São consideradas amostras de fertilizantes desconformes aquelas que após terem sido submetidas a ensaios em laboratório oficial, obtém-se resultados, cuja diferença entre o teor analisado e o teor informado pelo fabricante é maior do que as tolerâncias estabelecidas em atos legais.

QUALIDADE DE FERTILIZANTES - PR



CLORETO DE POTÁSSIO - KCl





OBRIGADO

vpauletti@ufpr.br