

VII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Araguaína - TO • 19 e 20/AGOSTO/2014

Conceitos e Dinâmica de Nutrientes no Sistema Solo-Planta Visando BPUF's

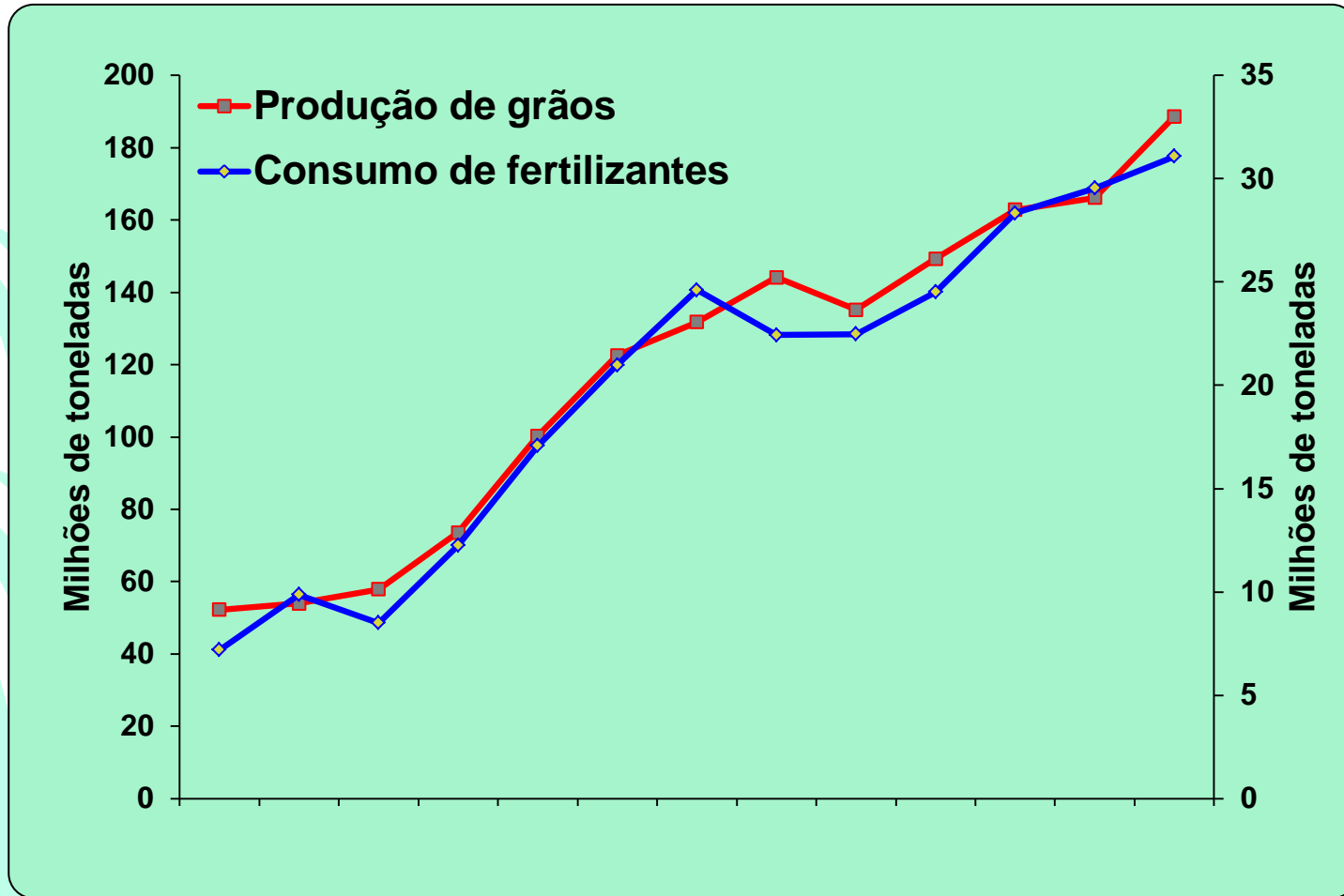
*Dr. Eros Francisco
IPNI Brasil*



A landscape photograph showing a vast field of yellow rapeseed flowers. A dirt path with two distinct tracks runs through the center of the field, leading towards a line of trees in the distance. The sky is filled with heavy, grey clouds. In the foreground on the left, there are several large, leafy trees. The overall scene is a rural, agricultural landscape.

INTRODUÇÃO

Histórico de produção de grãos e consumo de fertilizantes no Brasil



Fontes: ANDA e CONAB (2014),

Algodão em caroço, amendoim, arroz, cevada, canola, centeio, cevada, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trigo e triticale



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Histórico de produção de grãos e consumo de fertilizantes no Brasil

Cultura	1991	1996	2001	2006	2011	2012
Soja	17,2	22,8	32,6	33,9	35,2	39,7
Milho	17,6	20,6	17,3	17,4	19,6	21,4
Cana de açúcar	20,4	17,5	12,6	14,9	17,9	17,9
Café	6,3	6,8	6,8	7,6	7,4	7,4
Algodão	3,6	1,5	3,7	5,0	6,1	4,3
TOTAL (milhões t)	8,51	12,25	16,74	20,98	26,32	27,41

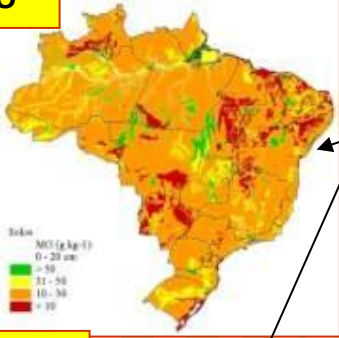
65,4

Source: ANDA (2013)

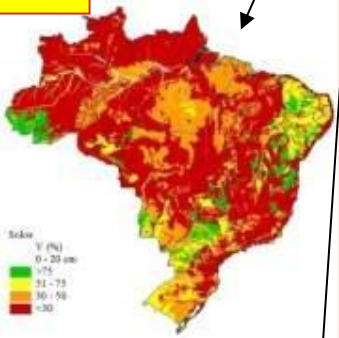


Classes de restrição dos solos brasileiros em relação à fertilidade

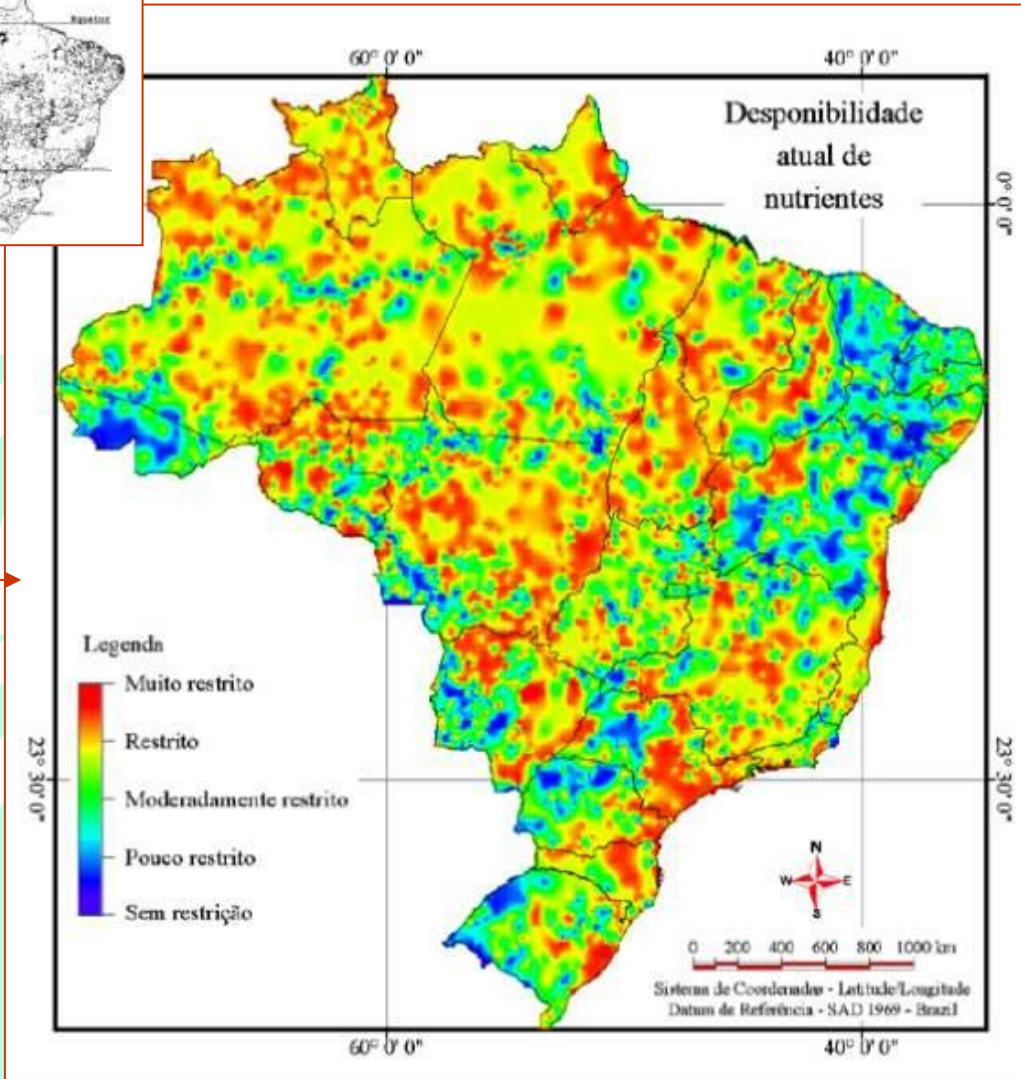
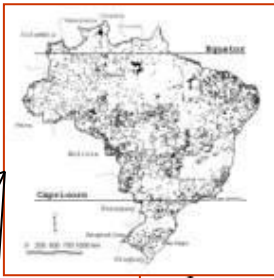
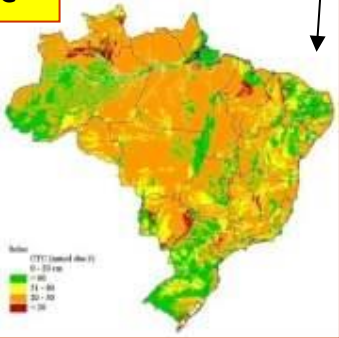
MO



SB (V%)



CTC



Fonte: Sparovek et al.



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Balço de nutrientes na agricultura brasileira (2009-2012): média anual

Balço de Nutrientes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(t)		
Exportação total das culturas (t)	6.551.280	1.853.162	3.286.358
Dedução das exportações (t)	4.706.923	4.428.250	193.566
Exportação líquida de nutrientes (I)	1.844.357	1.848.734	3.092.792
Total de entradas de nutrientes (II)	2.836.820	3.467.034	3.790.569
Balço de nutrientes (II - I)	992.463	1.618.300	697.777
Desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes (I/II x 100)	65%	53%	82%
Fator de consumo (II/I)	1,5	1,9	1,2

Fonte: Cunha et al. – Informações Agronômicas, março/2014



Desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes (2009-2012): Cerrado

Região/Estado	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(%)		
Centro-oeste	61	56	84
MG	42	36	49
BA	57	34	65
MA	120	41	81
PI	88	44	77
TO	84	56	98
Cerrado	75	45	75

Fonte: Cunha et al. – Informações Agronômicas, março/2014



Balço de nutrientes no Brasil (2009-2012): por cultura

Cultura	Desfrute médio (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Soja	-	50	99
Milho	79	96	65
Cana de açúcar	80	70	67
Café	20	11	45
Algodão	44	16	58
Arroz	103	74	91
Feijão	67	35	115
Laranja	51	28	67
Trigo	58	48	35

Fonte: Cunha et al. – Informações Agronômicas, março/2014



Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes

Manejo de nutrientes 4C



Aplicação das **fontes** corretas de nutrientes nas doses, hora e local corretos

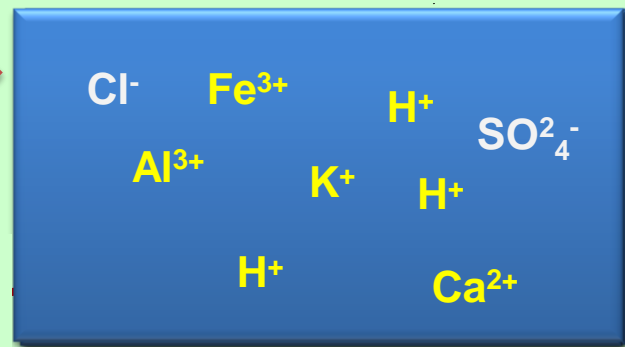
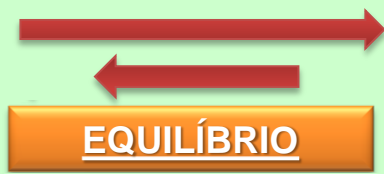
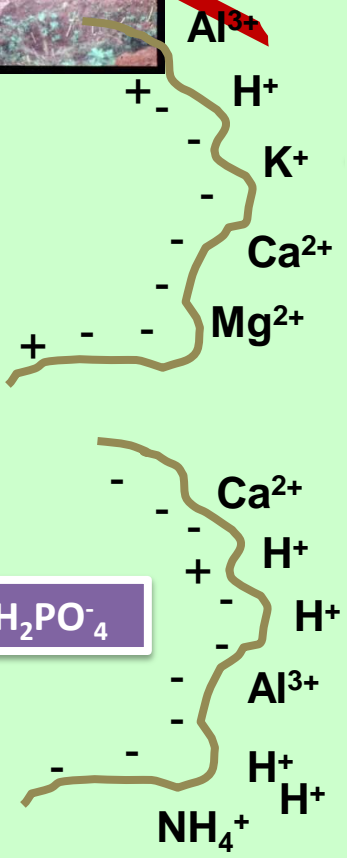
ASPECTOS BÁSICOS DE QUÍMICA DO SOLO:

Fase Sólida

Fase Solução



Formação de P – Ca, Fe e/ou Al



CONSEQÜÊNCIAS:

⇓ [P] na solução

Transporte até superfície da raiz por difusão

⇓ Disponibilidade de P às plantas

SOLO	FASE SÓLIDA
De forma simples	ORGÂNICA INORGÂNICA
	POROS
	AR ÁGUA
	ORGANISMOS
	MACRO MICRO

CARGAS:
Constantes
Variáveis (principalmente pH)

PCZ ou PESN:
pH onde -S = +S
Efeito de profundidade

ADSORÇÃO:
Ligação iônica = Pratic/te todos os cátions
Ligação covalente = H+

Equação de Kerr
 $(K^+) = K_{ex} [K^+]$
 $(Na^+) [Na^+]$

SB = K + Ca + Mg (+Na)
 CTC pH 7,0 = SB + (H+Al)
 $V\% = \frac{SB \times 100}{CTC \text{ pH } 7,0}$



AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO



Cultivo de uma área agrícola implica uma dúvida:



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

pH, P, K, Ca, Mg, S, micro, CTC, V%

EXIGÊNCIAS DA PLANTA

N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo, Cl, ..

SÃO AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO ADEQUADAS PARA A MANUTENÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DA PLANTA DE FORMA A SE OBTEREM PRODUTIVIDADES ECONOMICAMENTE VIÁVEIS DIANTE DOS INVESTIMENTOS REALIZADOS ?





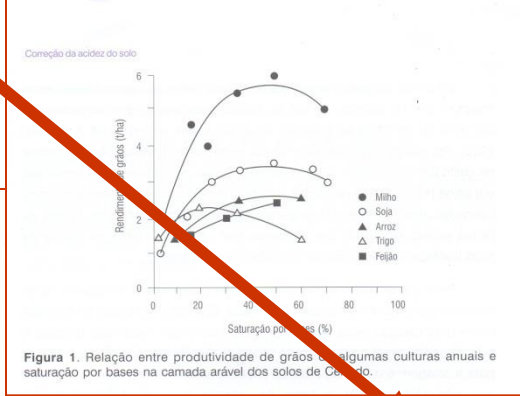
DA ANÁLISE A RECOMENDAÇÕES

Soil Fertility Evaluation													
Sample	pH	O.M g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	BS	CEC	V%	
				mmol, dm ⁻³									
A (0-20)	5,4	20	7	1,0	36	14	0	25	2	51	76,0	67	
A (20-40)	4,4	14	4	0,7	23	6	12	42	3	29,7	71,7	41	
B (0-20)	5,3	28	42	4,4	48	16	0	35	12	68,4	103,4	66	

Adubação mineral de plantio: Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a seguinte tabela:

Produtividade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm ³				K ⁺ trocável, mmol _c /dm ³			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha				K ₂ O, kg/ha ⁽²⁾			
2- 4	10	60	40	30	20	50	40	30	0
4- 6	20	80	60	40	30	50	50	40	20
6- 8	30	90	70	50	30	50	50	50	30
8-10	30	⁽¹⁾	90	60	40	50	50	50	40
10-12	30	⁽¹⁾	100	70	50	50	50	50	50

⁽¹⁾ É improvável a obtenção de alta produtividade de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de adubo empregada. ⁽²⁾ Para evitar excesso de sais, no sulco de plantio, a adubação potássica para doses maiores que 50 kg/ha de K₂O está parcelada, prevendo-se a aplicação em cobertura.



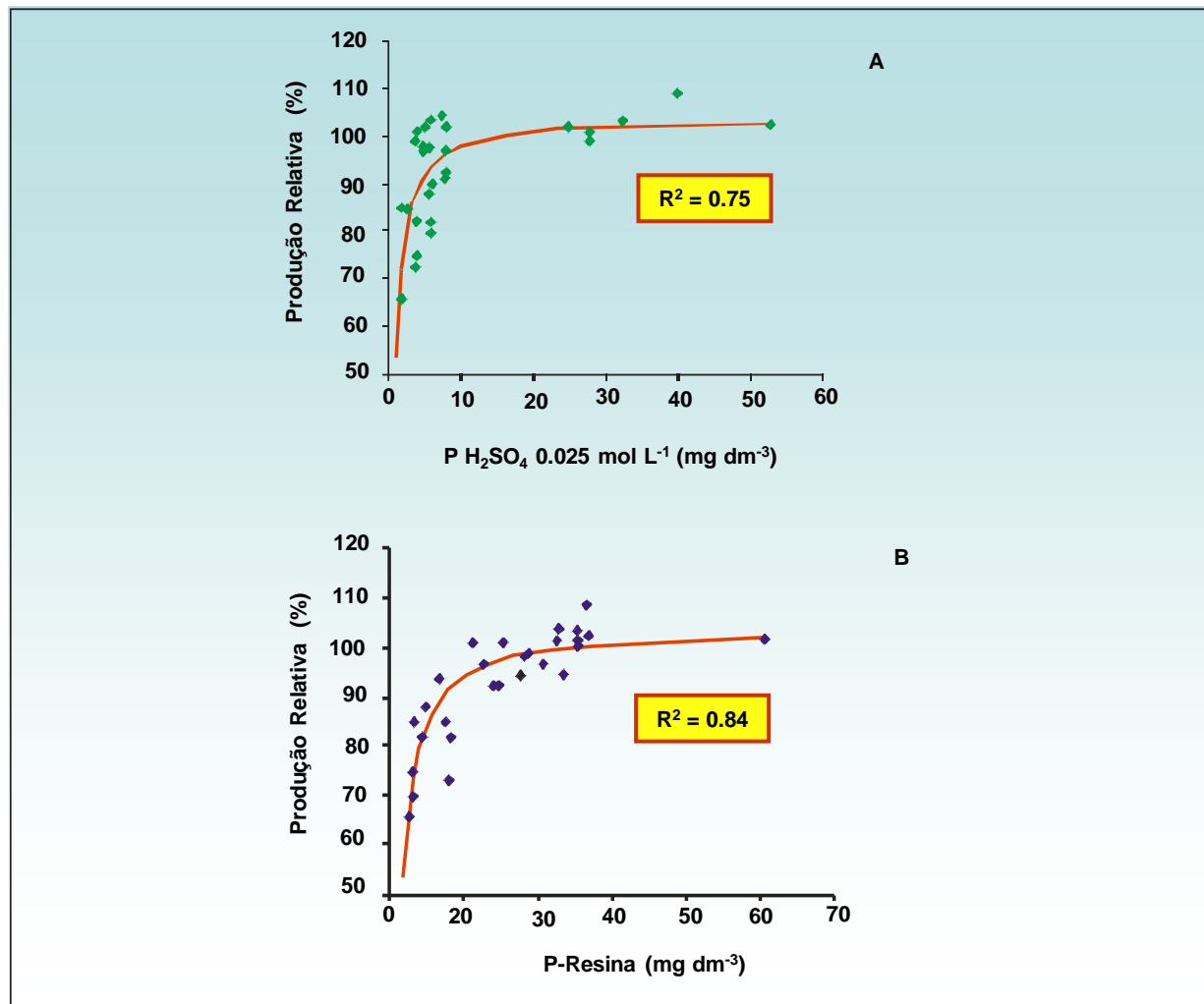
AJUSTES NECESSÁRIOS PARA A AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO ATRAVÉS DE MÉTODOS ANALÍTICOS

-PK

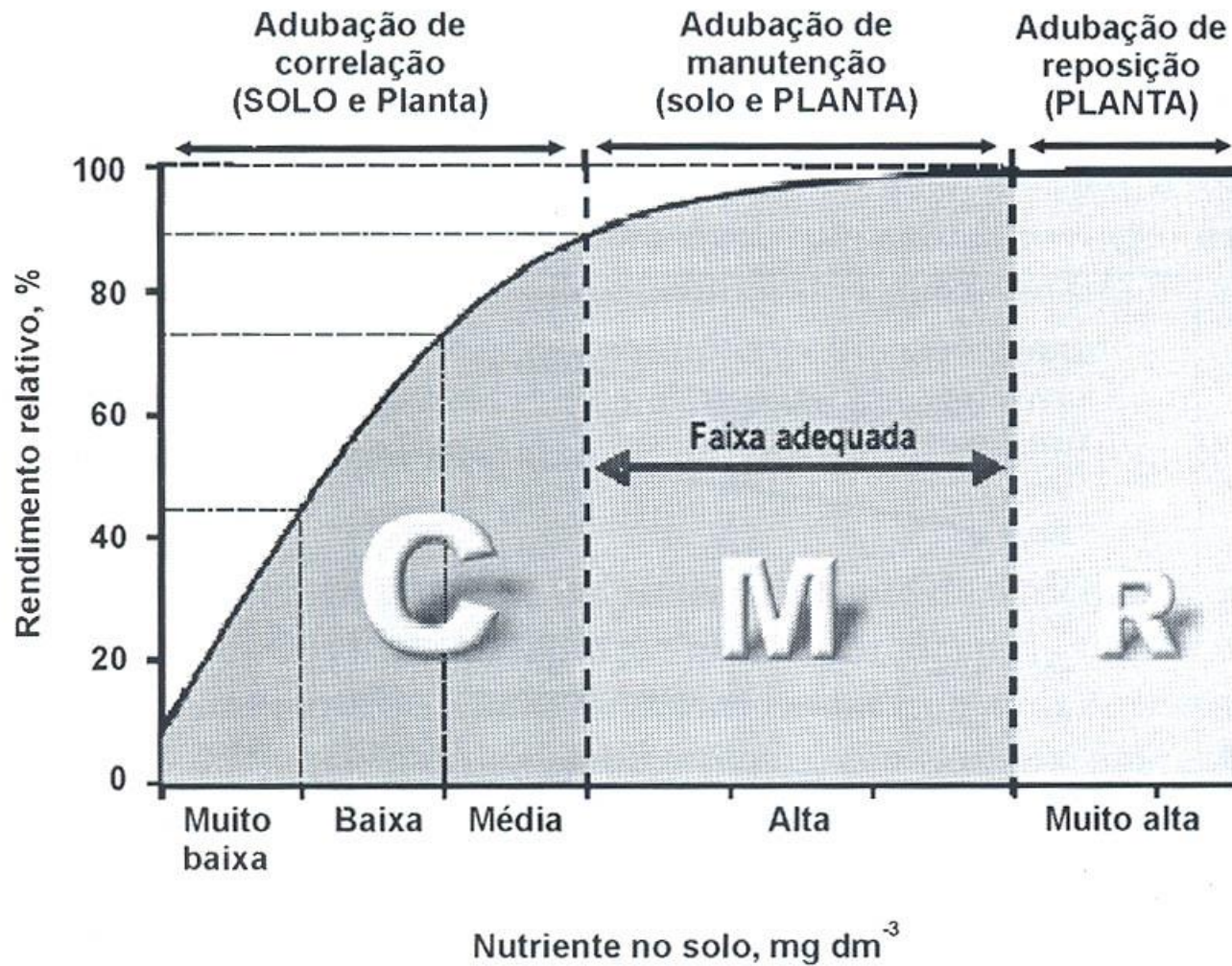
+PK

- ✓ Estudos de correlação (Qual metodologia ?)
- ✓ Estudos de calibração (Como interpretar ?)
- ✓ Curvas de resposta (Quanto adicionar ?)

Estudos de Correlação



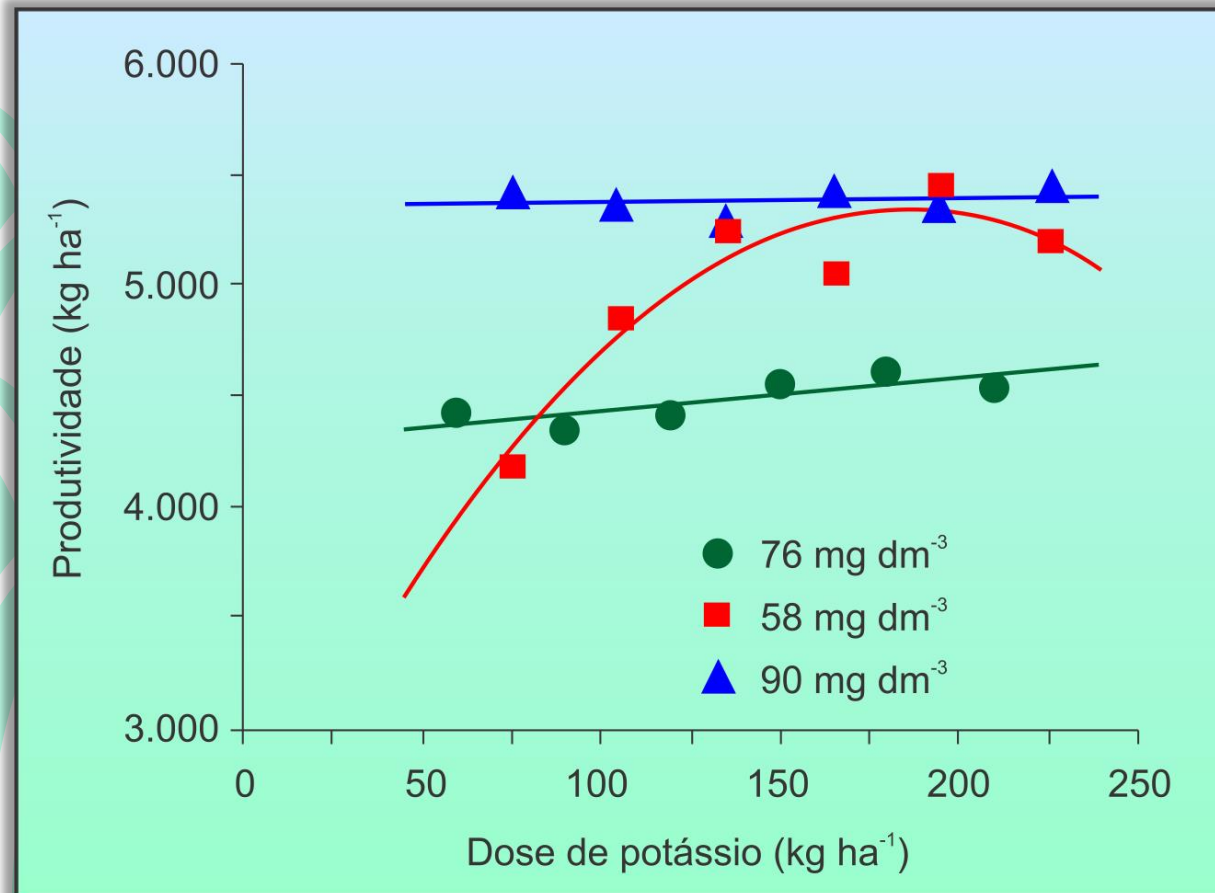
Estudos de Calibração



Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos

Teor	Produção relativa	K ⁺ trocável	P resina			
			Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	%	Mmol _c /dm ³	mg/dm			
Muito baixo	0-70	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	1,6-3,0	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	3,1-6,0	9-16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>6,0	>16	>60	>80	>120

Resposta do algodoeiro ao potássio em experimentos realizados no Estado de Mato Grosso, em solos com 58 mg dm⁻³, 76 mg dm⁻³ e 90 mg dm⁻³ de potássio



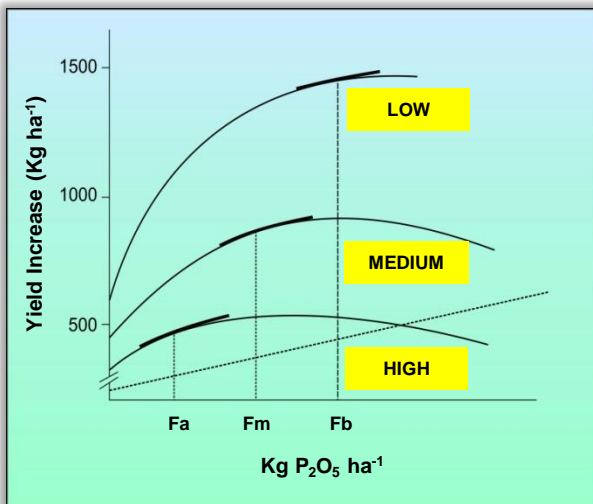


Tabela de Adubação

Adubação mineral de plantio: Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada.

Yield	Nitrogênio	P resina, mg/dm ³				K ⁺ trocável, mmol _c /dm ³			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha				K ₂ O, kg/ha (²)			
2-4	10	60	40	30	20	50	40	30	0
4-6	20	80	60	40	30	50	50	40	20
6-8	30	90	70	50	30	50	50	50	30
8-10	30	(¹)	90	60	40	50	50	50	40
10-12	30	(¹)	100	70	50	50	50	50	50

IMPORTANTE NOTAR QUE:

A DOSE É DEFINIDA POR ESTUDOS DE CURVA DE RESPOSTA, PARA CADA CLASSE DE TEOR (ESTUDOS DE CALIBRAÇÃO), PARA DETERMINADO MÉTODO ANALÍTICO (ESTUDOS DE CORRELAÇÃO), PARA DETERMINADA FORMA DE COLETA DA AMOSTRA DE SOLO.

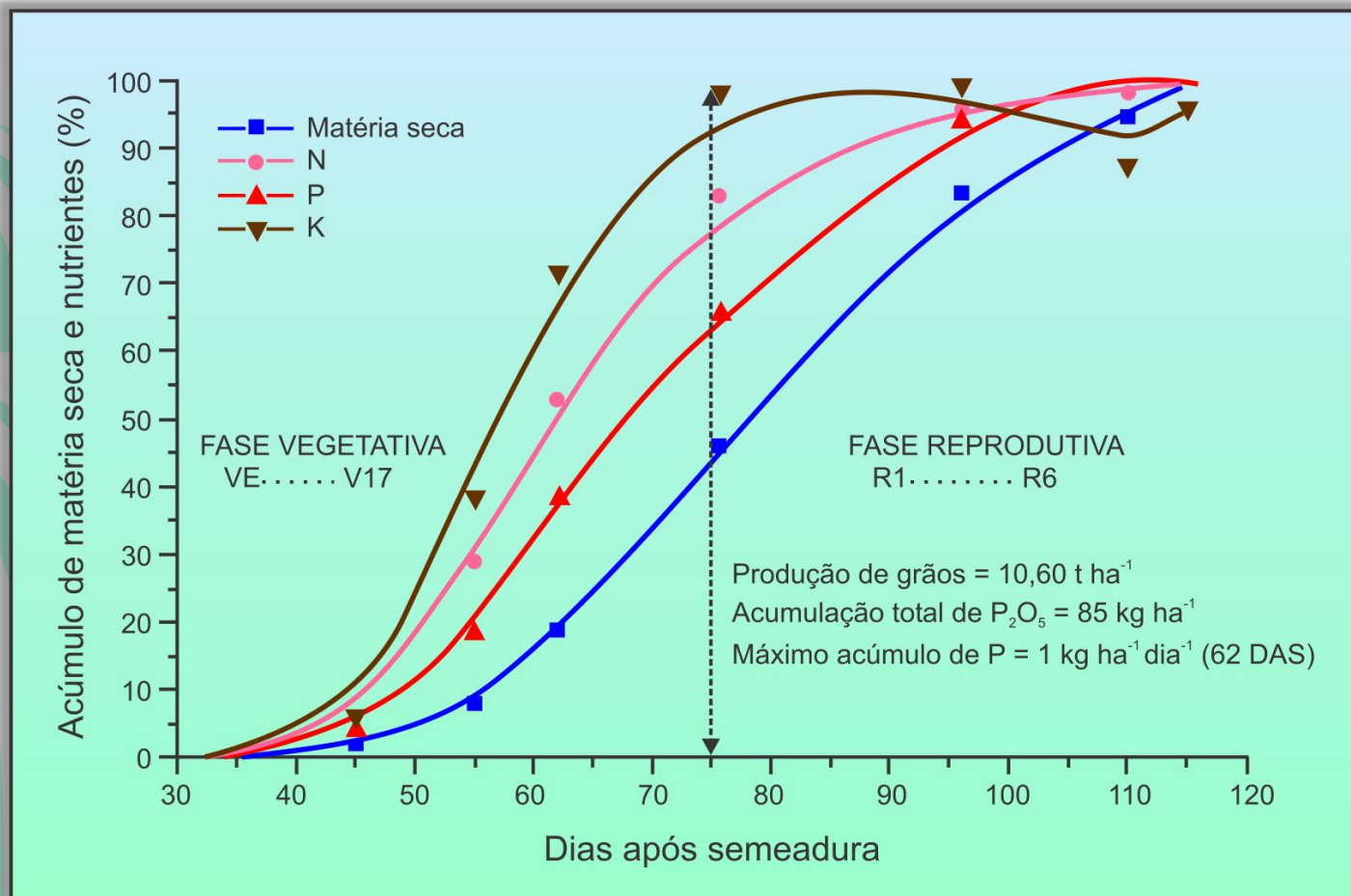
PROCEDIMENTO DEVE SER ESPECÍFICO PARA:

- ✓ Metodologia
- ✓ Área/região e solos considerados
 - ✓ Sistema de cultivo
- ✓ Profundidade de amostragem

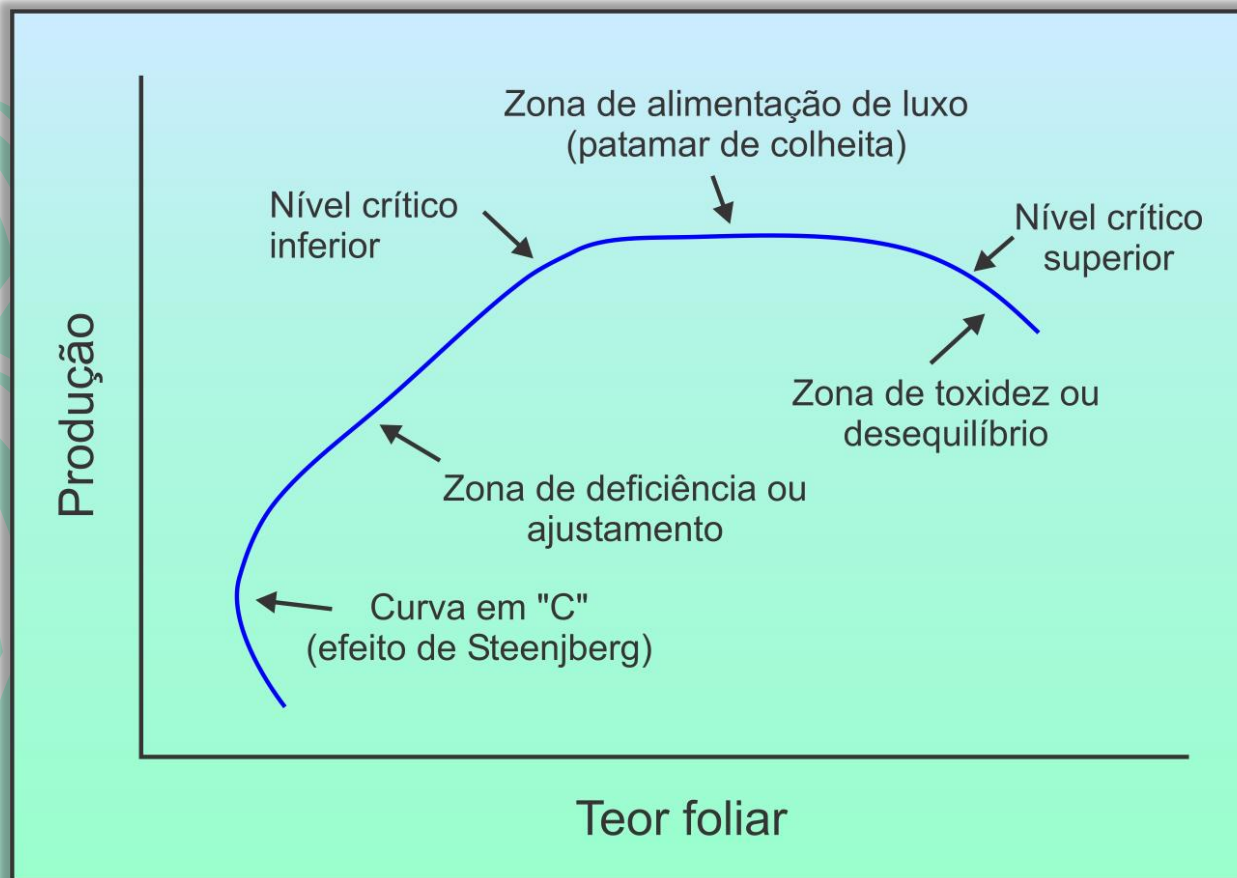
NUTRIÇÃO DE PLANTAS

The image features three ears of bright yellow corn arranged vertically against a clear blue sky. A bright sun flare is visible behind the central ear of corn. A dark blue rectangular box with a thin red border is superimposed over the upper portion of the corn, containing the title text.

Acúmulo de matéria seca, nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea de plantas de milho



Representação geral da relação entre teor foliar e produção (ou matéria seca)



DRIS

Rendimento de soja e concentração de fósforo, cobre e boro nas folhas em função do fósforo aplicado para a sucessão soja-trigo, em Latossolo Roxo distrófico, safra 1998/1999, Londrina-PR

Dose anual de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Rendimento (kg ha ⁻¹)	Concentração nas folhas		
		P (g kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
0	2.884	2,75	10,3	75,9
50	3.539	3,62	11,3	69,1
80	3.542	3,82	8,26	50,7
110	3.193	4,31	7,53	44,6

Rendimento de soja e índice DRIS para fósforo, cobre e boro nas folhas em função do fósforo aplicado para a sucessão soja-trigo, em Latossolo Roxo distrófico, safra 1998/1999, Londrina-PR

Dose anual de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Rendimento (kg ha ⁻¹)	Índice DRIS		
		P	Cu	B
0	2.884	- 9,9	3,3	22,2
50	3.539	2,8	6,5	16,9
80	3.542	3,8	-7,4	3,6
110	3.193	16,6	- 8,3	2,4

<http://brasil.ipni.net>

Exemplos de sintomas de deficiência em plantas comerciais



N em milho



P em milho

<http://media.ipni.net/>

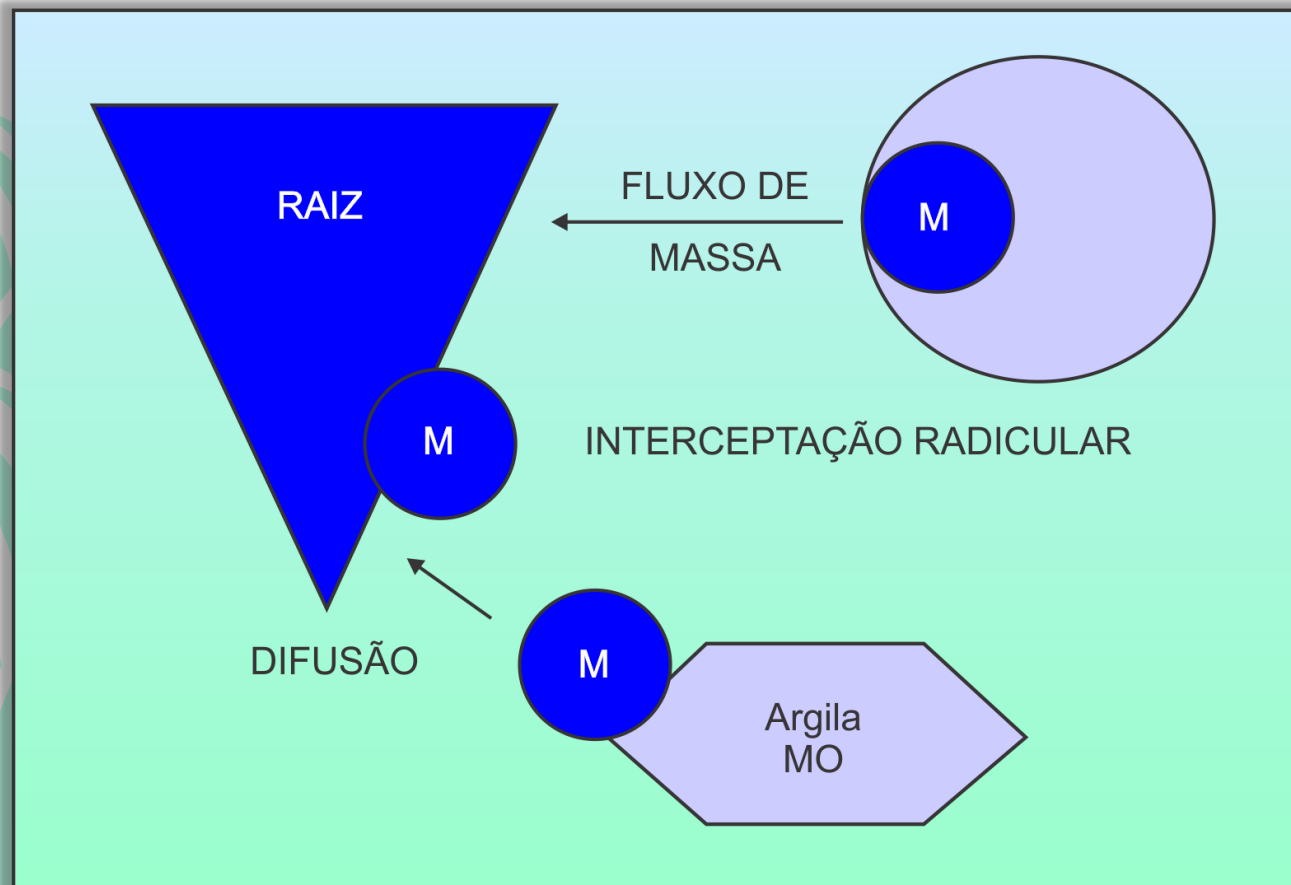


K em soja



Zn em algodão

Representação esquemática dos mecanismos de contato íon-raiz



Relação entre o processo de contato e a localização dos fertilizantes

Elemento	Processo de contato (% do total)			Aplicação do fertilizante
	Interceptação radicular	Fluxo de massa	Difusão	
Nitrogênio	1	99	0	Distante, em cobertura (parte)
Fósforo	2	4	94	Próximo das raízes
Potássio	3	25	72	Próximo das raízes, em cobertura
Cálcio	27	73	0	A lanço
Magnésio	13	87	0	A lanço
Enxofre	5	95	0	Distante, em cobertura (parte)
Boro	3	97	0	Distante, em cobertura (parte)
Cobre ¹	15	5	80	Próximo das raízes
Ferro ¹	40	10	50	Próximo das raízes
Manganês ¹	15	5	80	Próximo das raízes
Zinco ¹	20	20	60	Próximo das raízes
Molibdênio ²	5	95	0	Em cobertura (parte)

(1) Complementação com aplicação foliar.

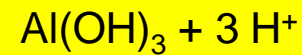
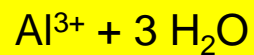
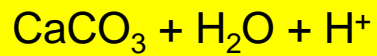
(2) Aplicação via semente e/ou foliar.

ACIDEZ E CALAGEM



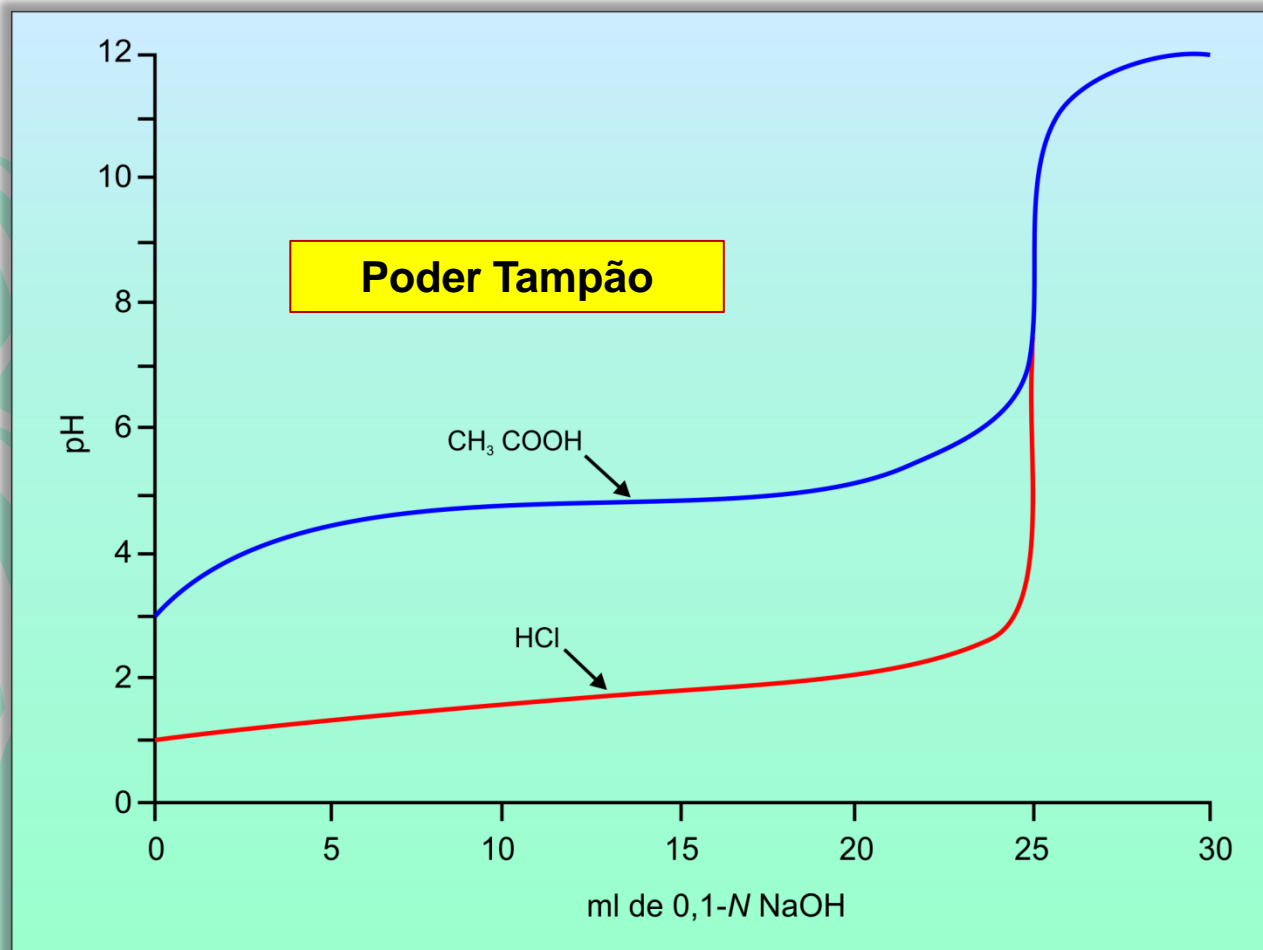
2 10 2008

Reações envolvidas na correção da acidez do solo

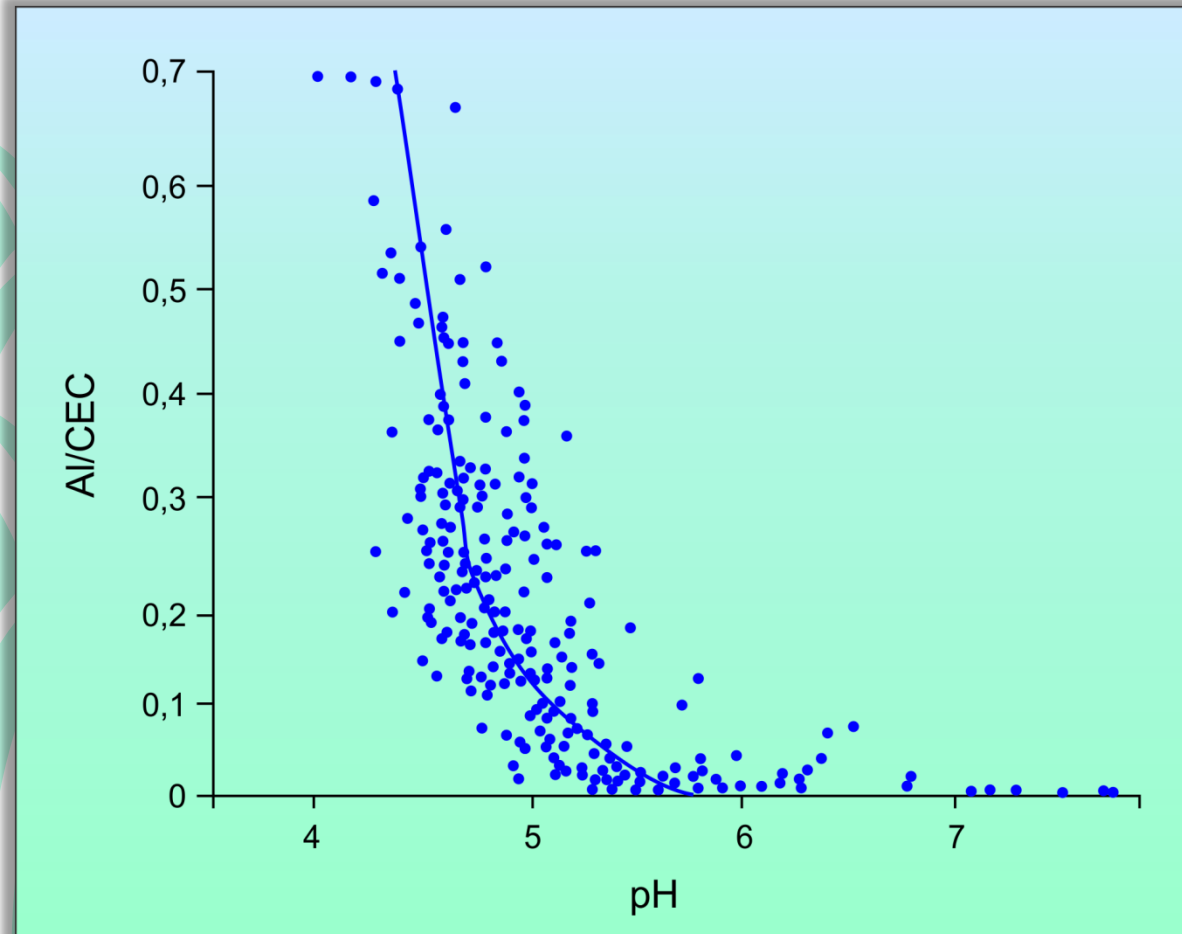


- (1) Neutralização da acidez (H^+)
- (2) Hidrólise do Al^{3+} gera acidez
- (3) Imobilização do Al^{3+}
- (4) Precisamos de uma base forte

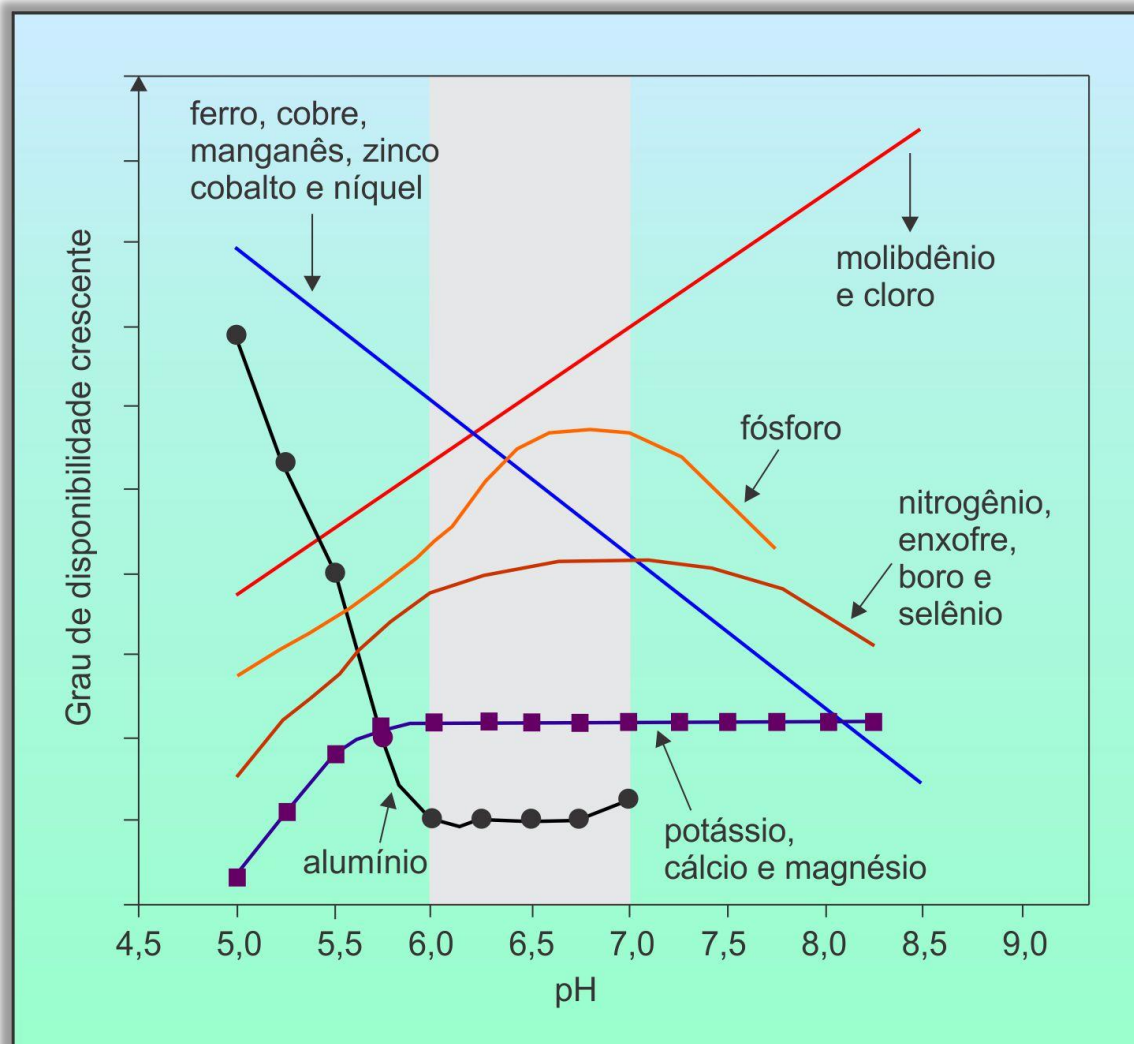
Análise volumétrica: 0,10-N CH_3COOH e 0,10-N HCl com 0,1-N NaOH



Com o aumento do pH do solo, a saturação por Al^{3+} diminui. Na maioria dos solos, pouco ou nenhum efeito de toxicidade de Al^{3+} no crescimento das plantas é observado acima de pH 5,0-5,5

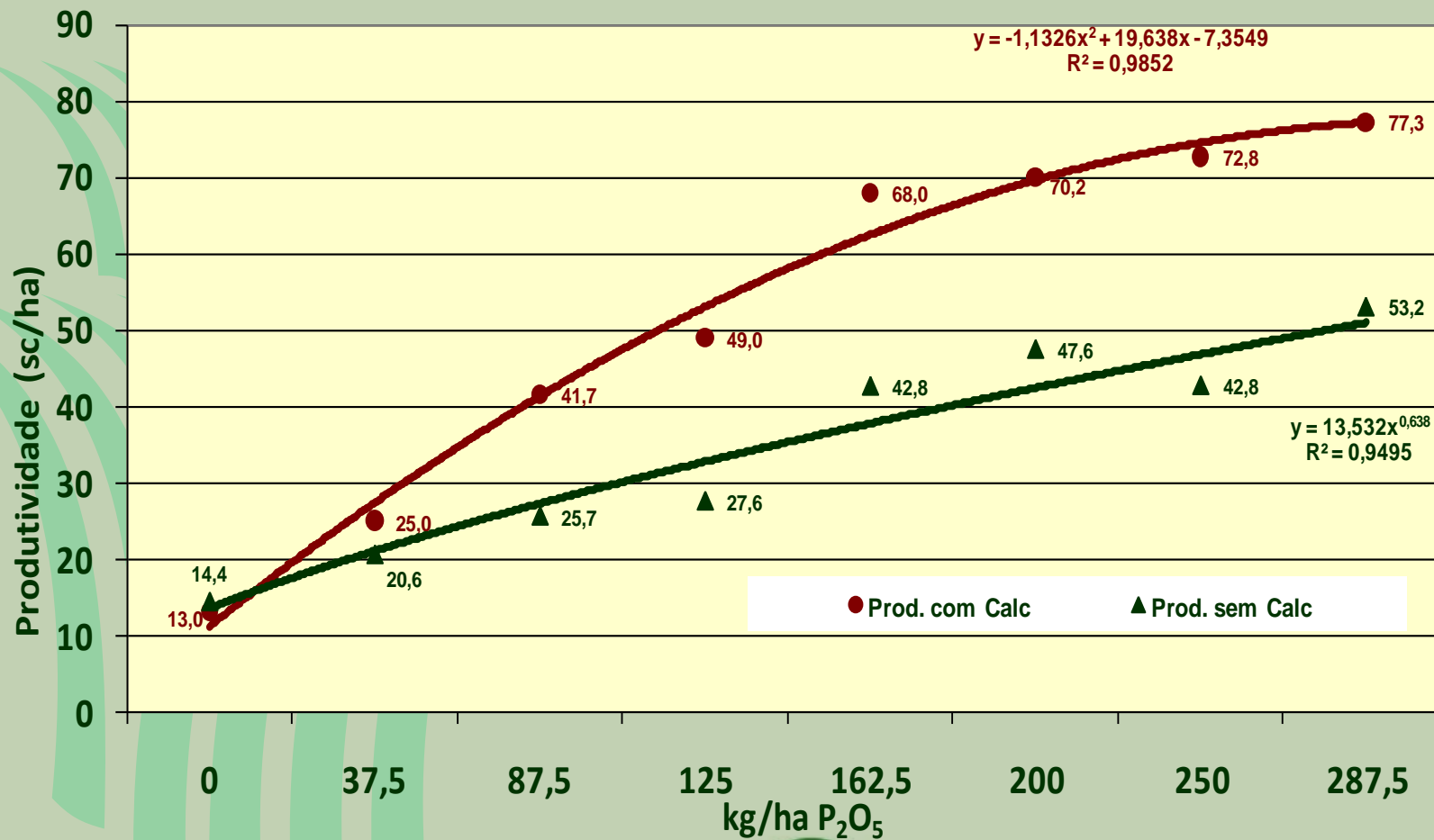


PH X DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES



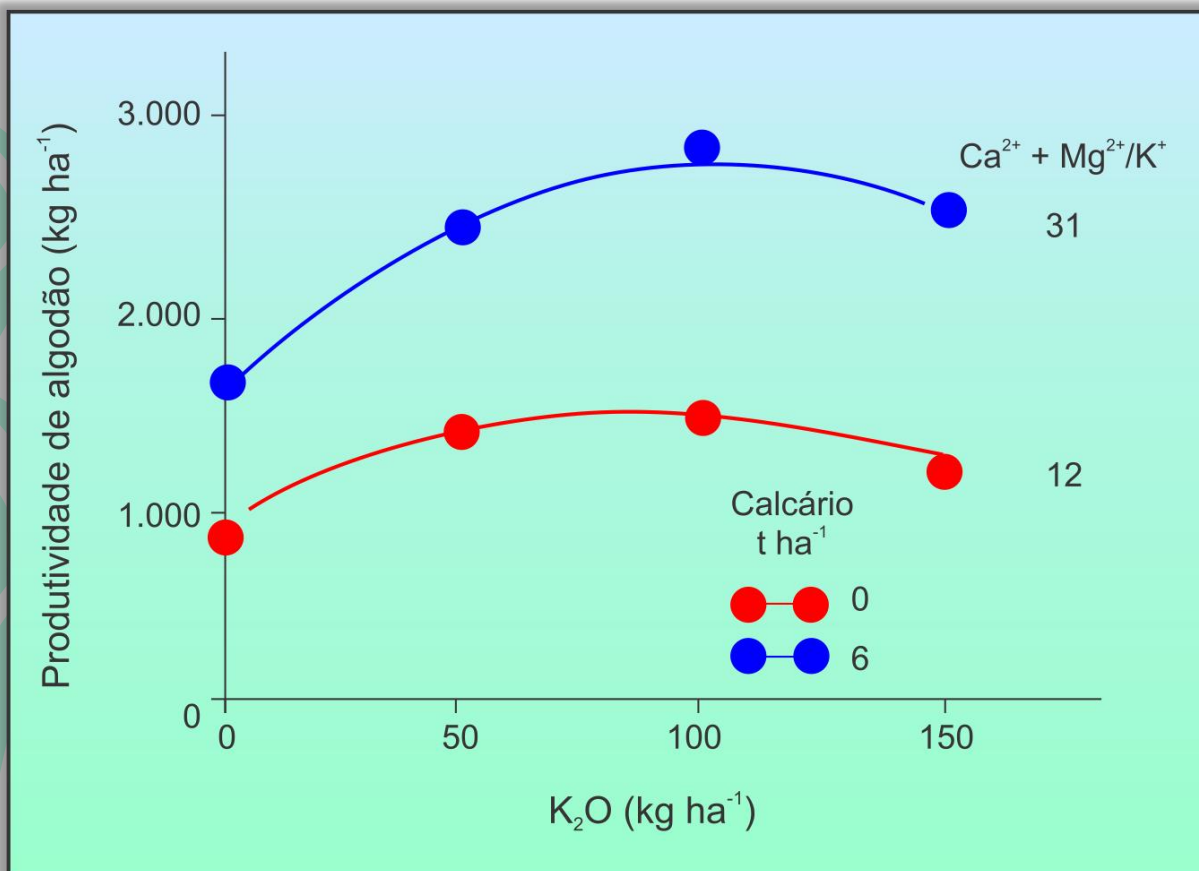
Efeito da correção da acidez na produtividade das culturas

Produtividade da soja em função da quantidade de fósforo aplicada no sulco de plantio, em solo argiloso. 1º ano de cultivo. Safra 1999/2000, Sapezal-MT.

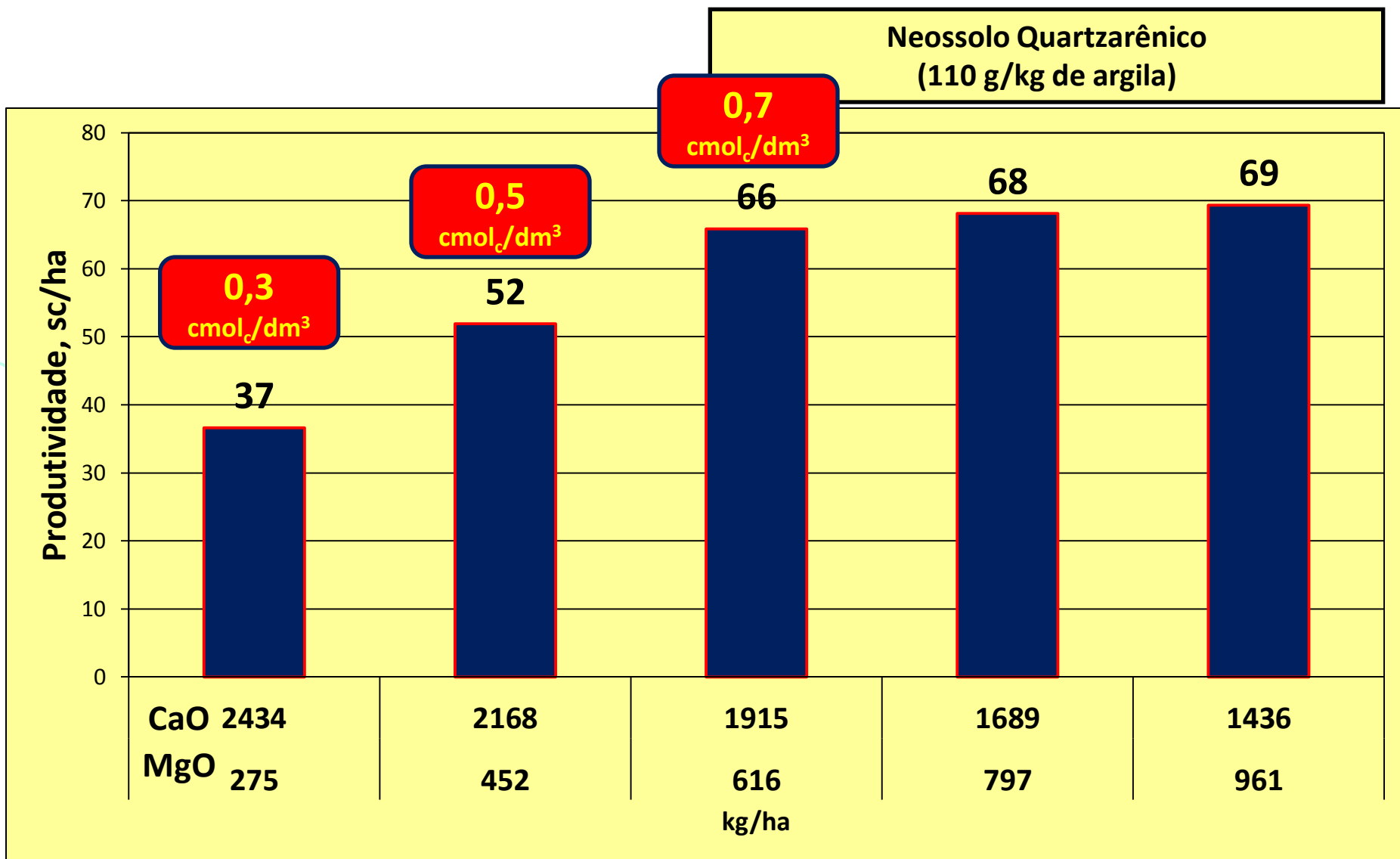


Fonte: Fundação MT/PMA

Influência da adubação potássica na produtividade de algodão, de acordo com o equilíbrio de bases do solo, sem e com calagem



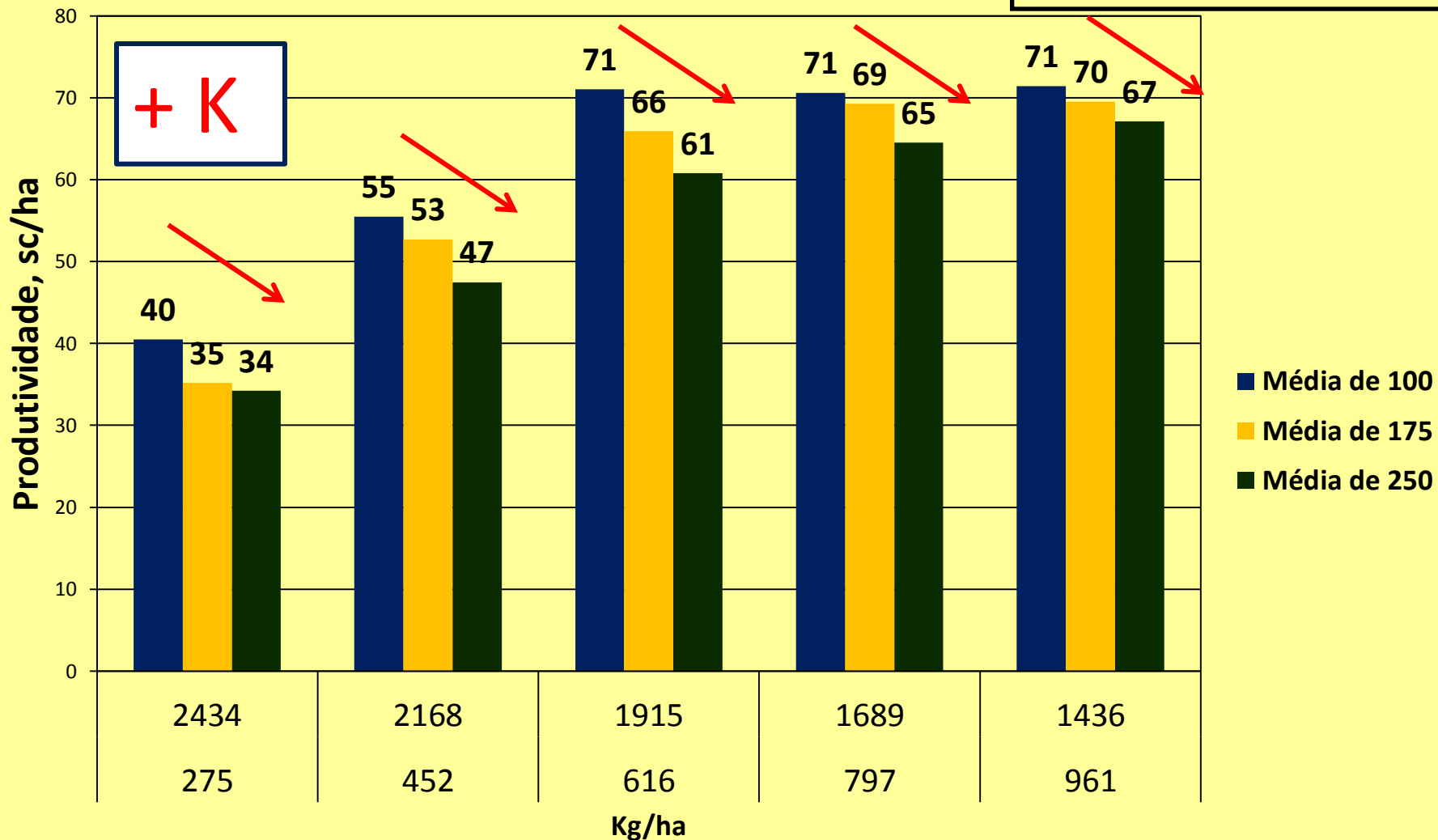
Impacto do tipo de calcário na produtividade de soja



Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2009/2010

Impacto do tipo de calcário na produtividade de soja

Neossolo Quartzarênico
(110 g/kg de argila)



Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2009/2010

Importância da qualidade operacional



IMAGENS: MÁRCIO VERONESE, FUNDAÇÃO MT/PMA (2012)

Efeito direto da qualidade operacional no cultivo



Fuente: Haroldo Hoogerheide, Fundação MT (2010).

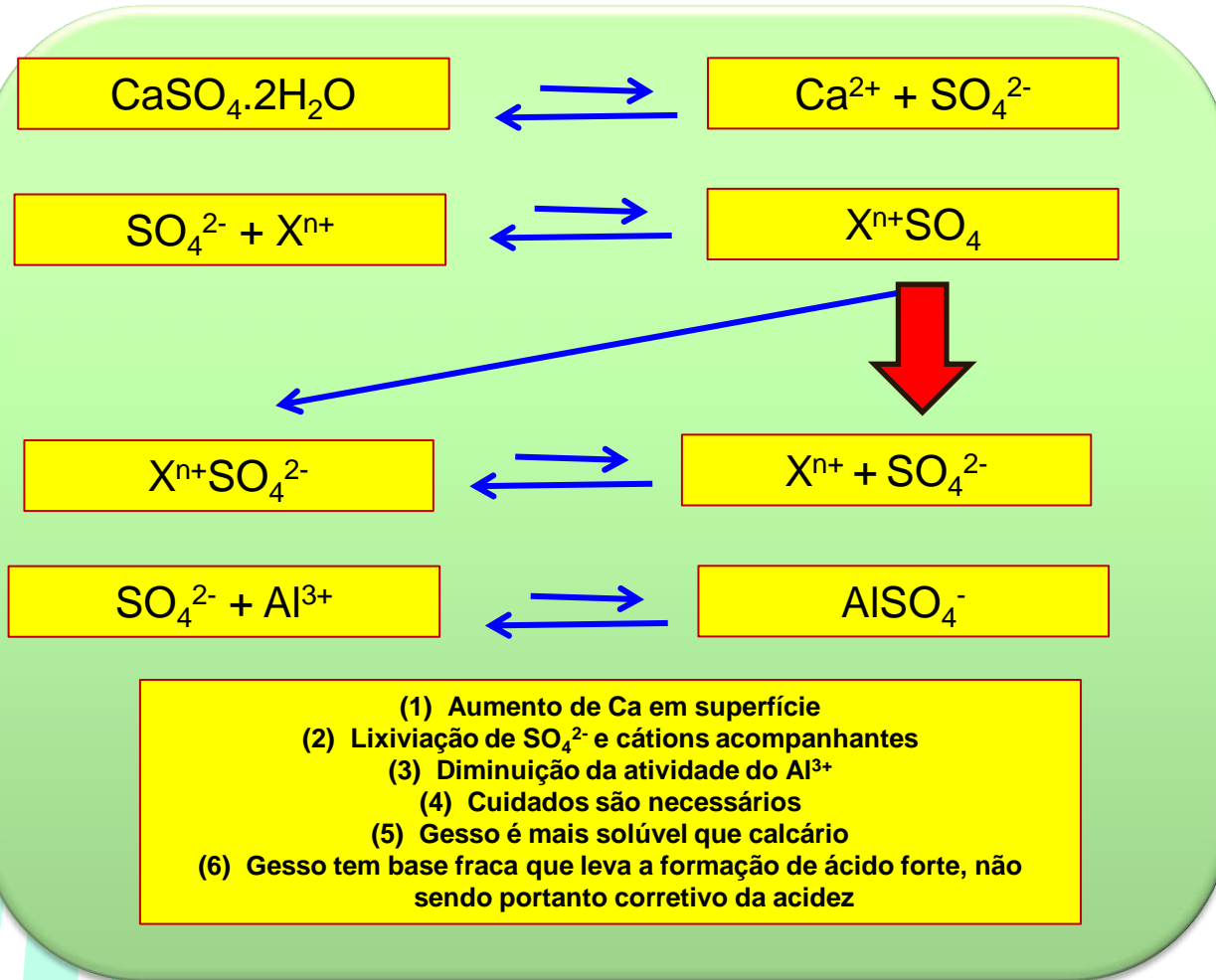
Importância da correção da acidez para a fixação simbiótica de nitrogênio



GESSO E GESSAGEM



Reações envolvidas na gessagem do solo



Desenvolvimento das raízes do algodoeiro em profundidade, em ausência e em presença de gesso (cada quadrícula mede 15 cm x 15 cm), por ocasião da floração plena, em 22 de março de 2006

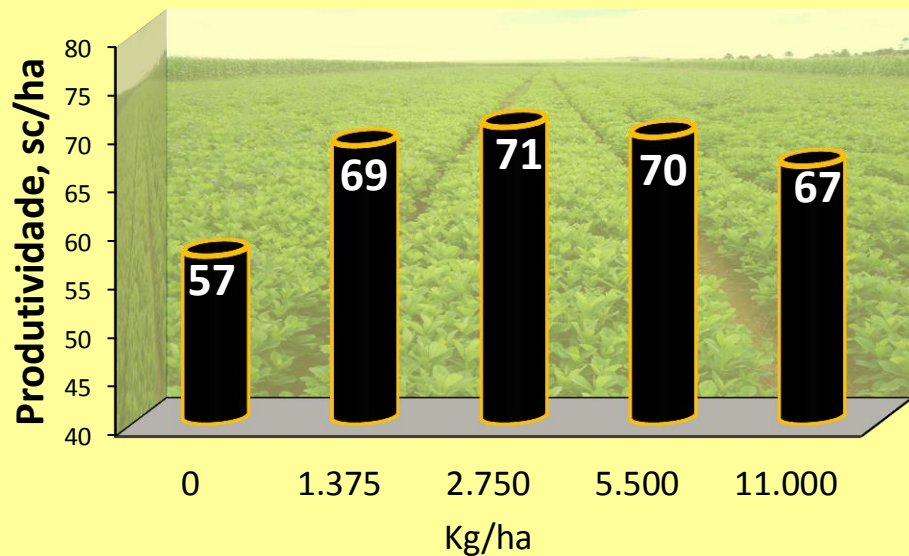


Sem gesso

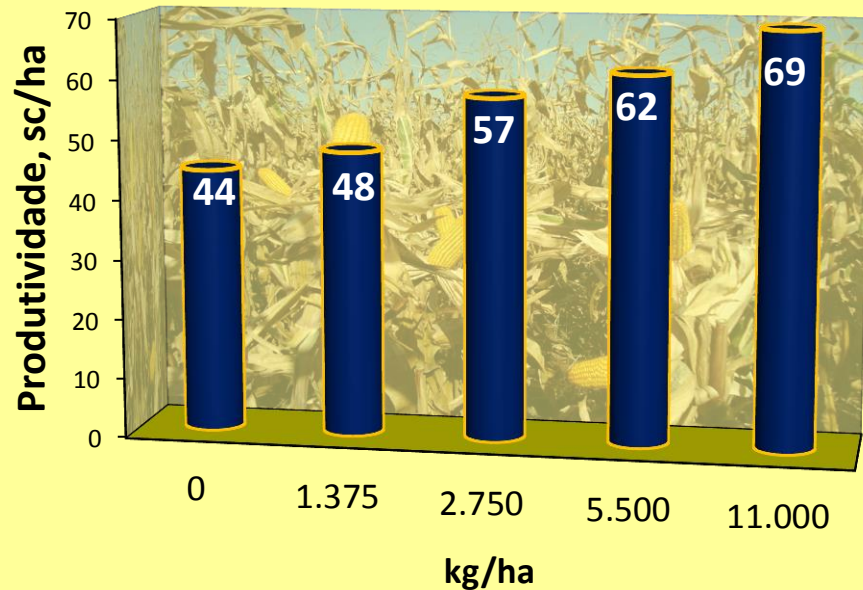


3 t ha⁻¹ de gesso

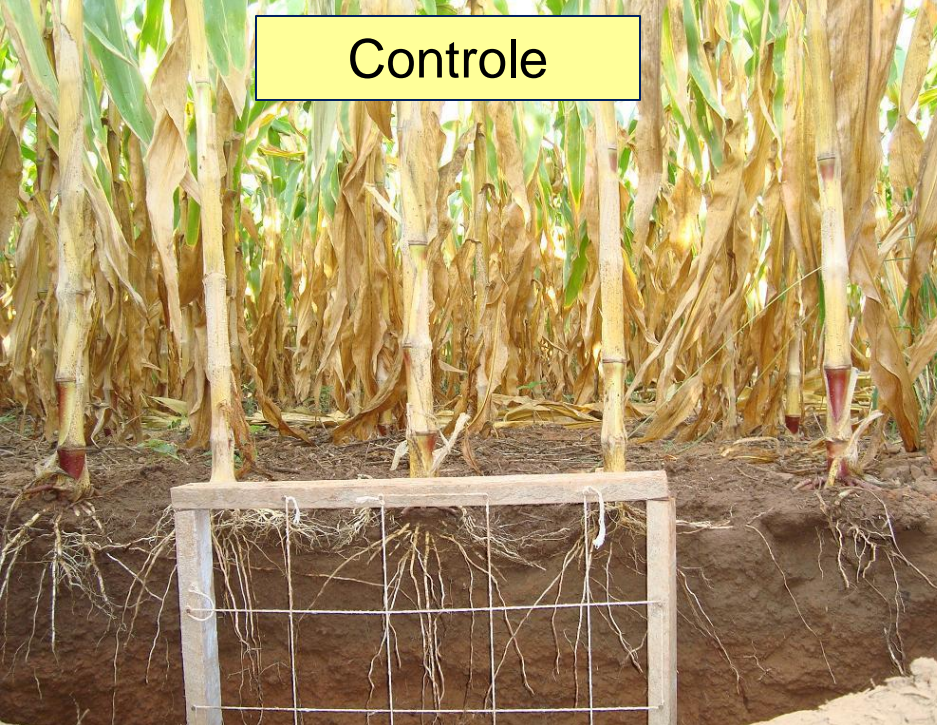
Efeito da gessagem na produtividade de soja e milho



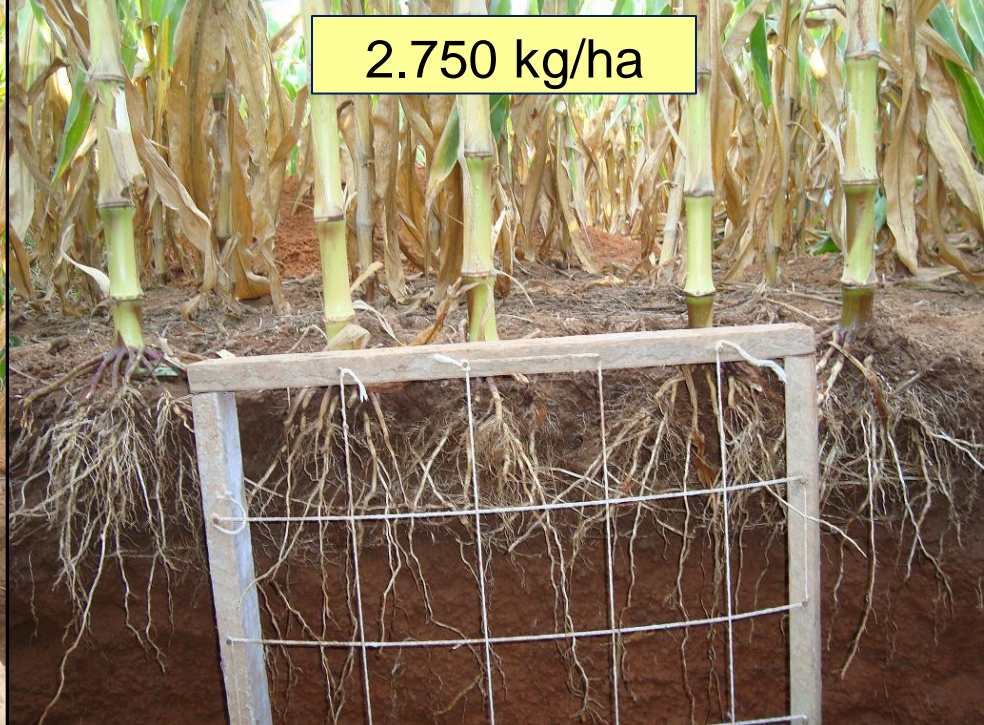
Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion
(safras 2008/09 e 2009/10)



Controle



2.750 kg/ha



11.000 kg/ha



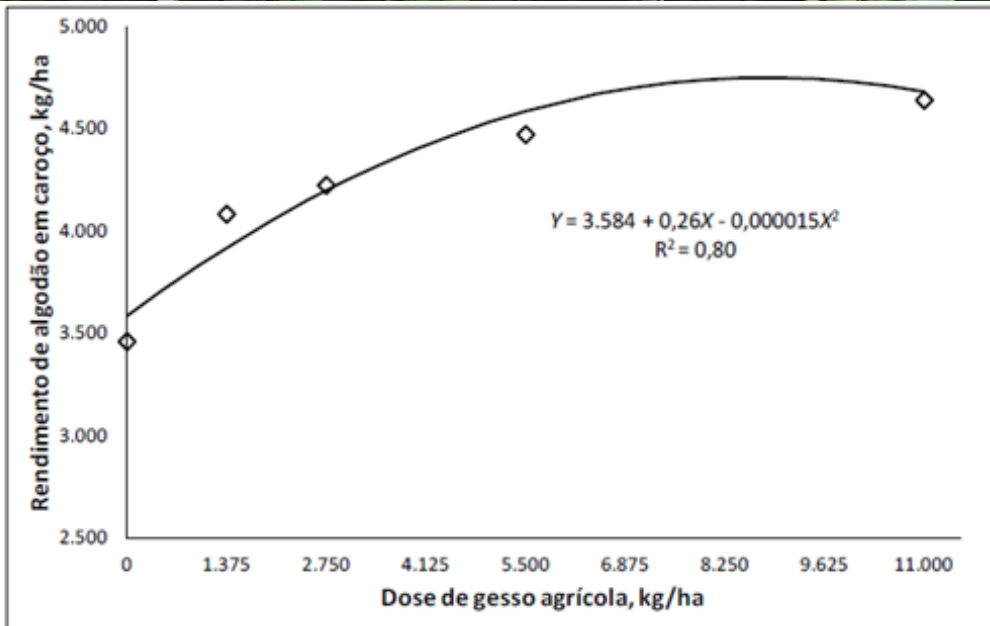
Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion
(safra 2009/10)

Testigo

2.750 kg/ha

11.000 kg/ha

Testigo



Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrion (safra 2009/10)

Figura 1. Rendimento de algodão em caroço em função da dose de gesso agrícola com a cultivar FB 993, na Fazenda Água Quente, safra agrícola 2010/2011.



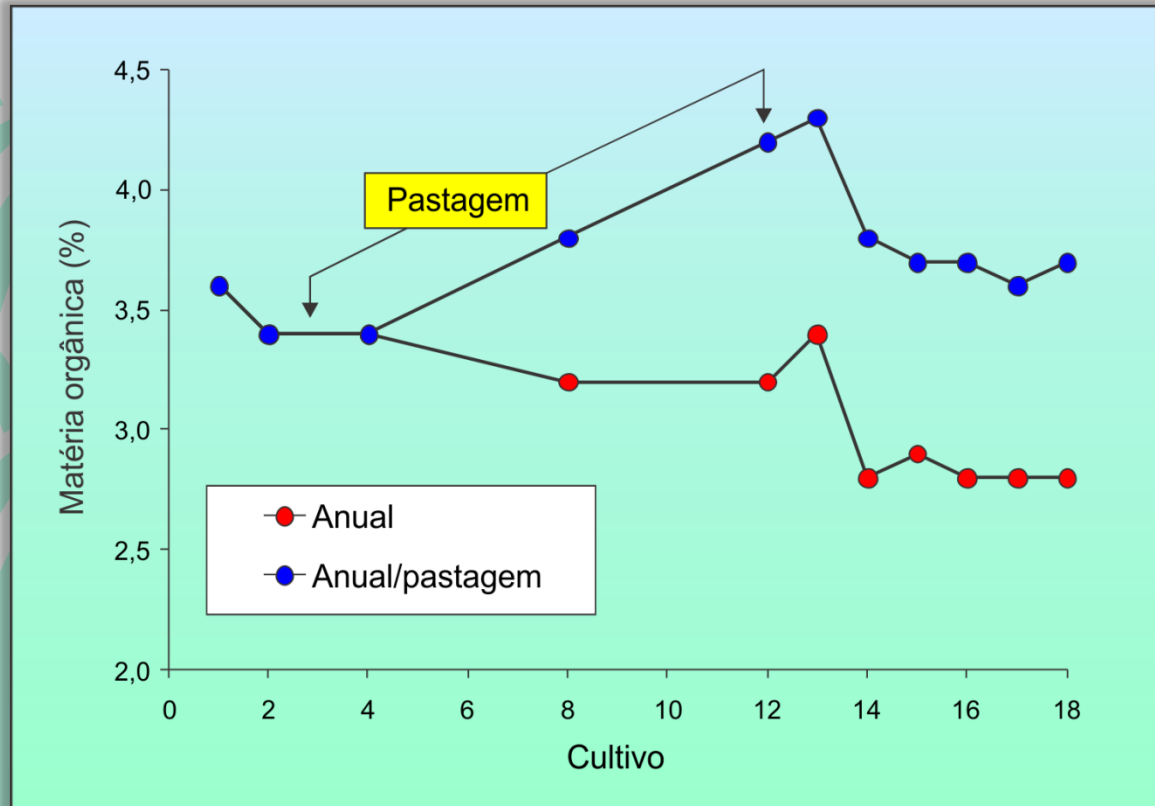
MATÉRICA ORGÂNICA

Contribuição da matéria orgânica do solo na CTC de solos de diferentes ambientes do território brasileiro

Região	Classes de solos avaliadas (nº)	% da CTC devida à matéria orgânica do solo	Fonte
Estado de São Paulo	16	70 a 74	Raij (1969)
Estado do Paraná	12	75 a 90	Pavan, Bingham e Pratt (1985)
Cerrados	14	75 a 85	Resck (1998)



Dinâmica da matéria orgânica na camada de 0-20 cm de profundidade para os sistemas de cultivo anual-pastagem, em um período de 18 anos, em Latossolo muito argiloso (médias de 24 tratamentos com três repetições, em cada sistema)



RECUPERAÇÃO DE P LA MUITO ARGILOSO, 22 ANOS

S. SIMPLES APLICADO	FÓSFORO RECUPERADO	
	ANUAIS ¹	ANUAIS E CAPIM ²
KG/HA DE P ₂ O ₅	----- % -----	
100	44	85
200	40	82
400	35	70
800	40	62

¹ A ÁREA FOI CULTIVADA POR DEZ ANOS COM SOJA, SEGUIDA DE UM PLANTIO COM MILHO E QUATRO CICLOS DA SEQÜÊNCIA MILHO-SOJA, DOIS CULTIVOS DE MILHO E UM DE SOJA.

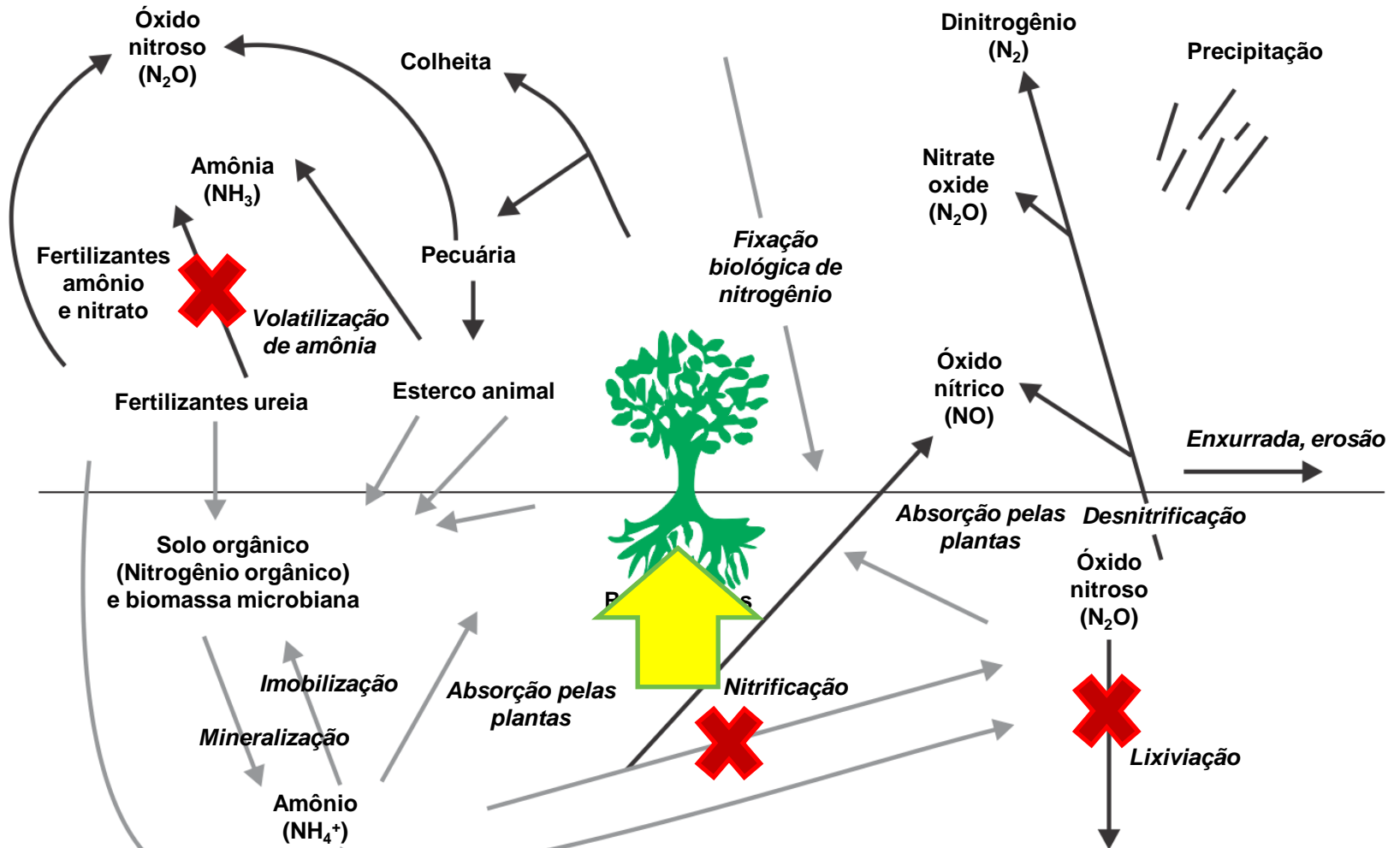
² A ÁREA FOI CULTIVADA POR DOIS ANOS COM SOJA, SEGUIDA DE NOVE ANOS COM BRAQUIÁRIA MAIS DOIS ANOS COM SOJA E DOIS CICLOS DA SEQÜÊNCIA MILHO-SOJA, E CINCO ANOS COM BRAQUIÁRIA.

EXTRAÍDO DE DJALMA MARTINHÃO.

NITROGÊNIO



Ciclo do nitrogênio simplificado



Reações



N orgânico

Mineralização/imobilização

NH_4^+

NO_3^-

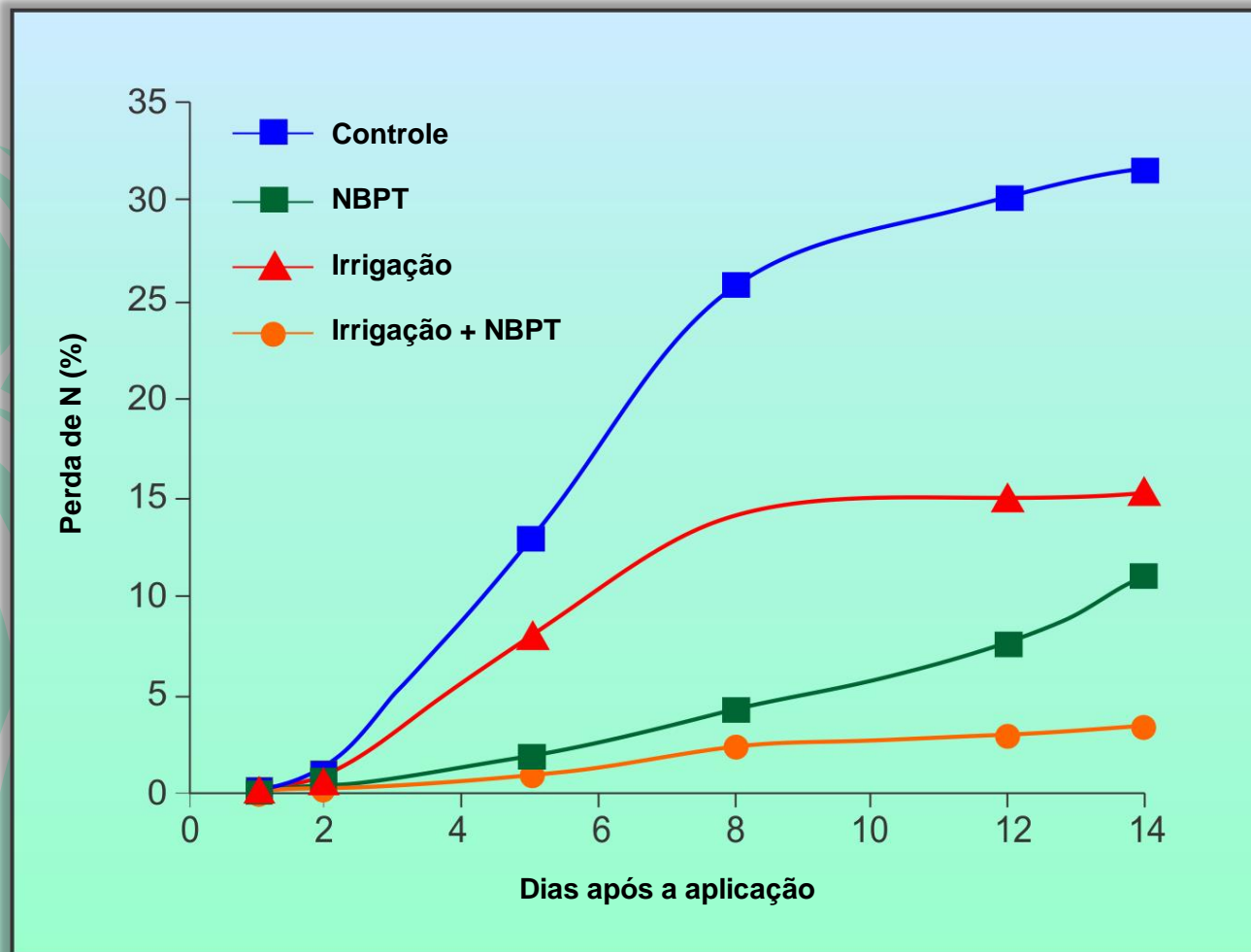
NH_4^+

$\text{NH}_3 + \text{H}^+$

$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$

$2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{CO}_3$

Efeito do N-(*n*-butyl) triamida tiofosfórico (NBPT) e chuva simulada (2,0 cm no dia 4 e no dia 7) sobre as perdas de volatilização da superfície aplicada ureia



Fonte: Rawluk, Grant e Racz (2000).

Resultados recentes da eficiência de proteção da uréia

Eficiência agronômica relativa das fontes de nitrogênio para o rendimento de algodão em caroço. Fonte: Zancanaro et al. (2013) – 34^o CBCS

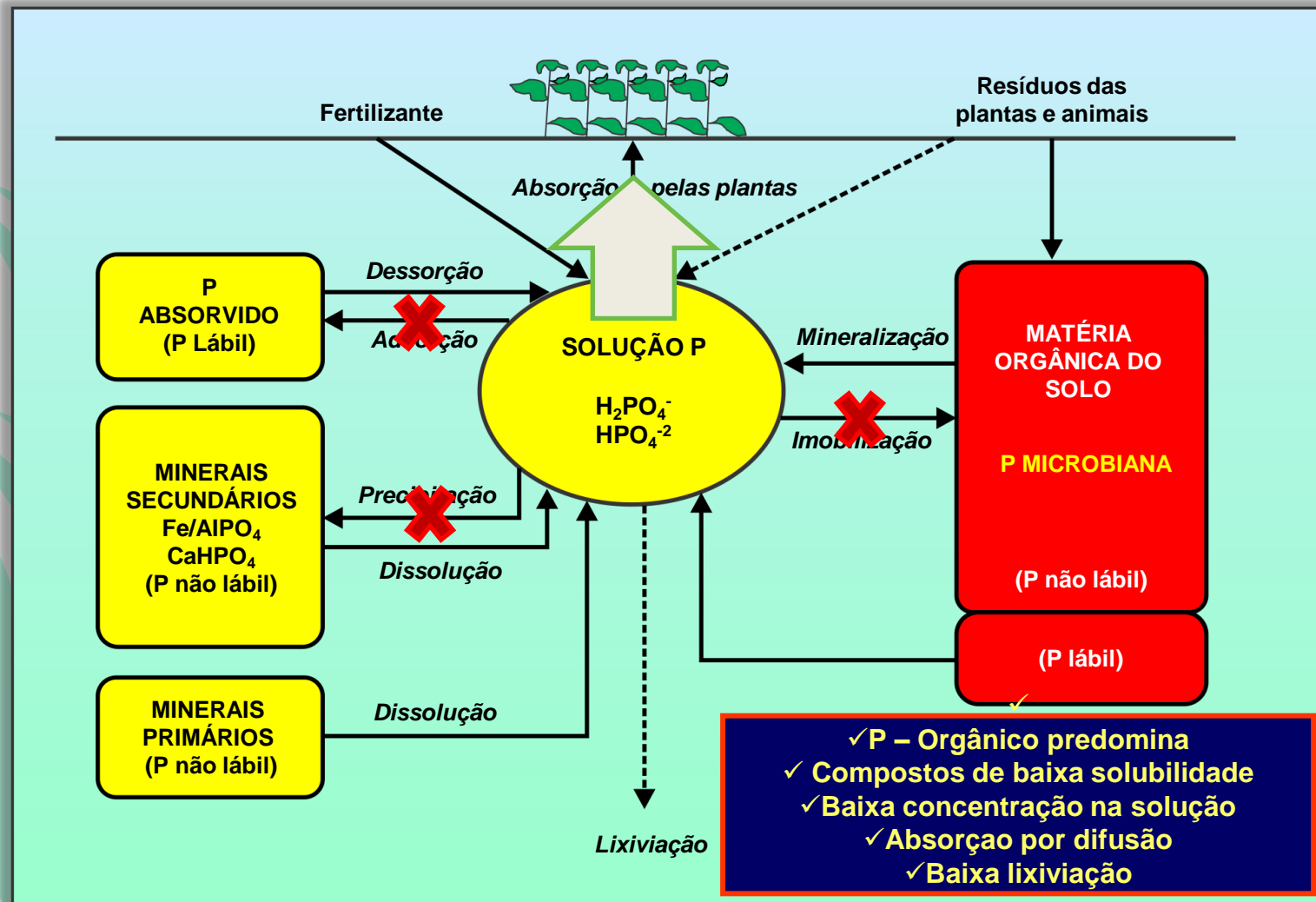
Fonte N	Dose de N (kg ha ⁻¹)			Média
	60	90	120	
%				
Safra 2010/11				
Uréia	100	100	100	100
Uréia + NBPT	101	103	106	103
Uréia + Polímero	103	102	104	103
Uréia + S	105	104	106	105
Uréia + C e B	104	102	105	104
Safra 2011/12				
Uréia	100	100	100	100
Uréia + NBPT	96	97	116	103
Uréia + Polímero	100	97	110	102
Uréia + S	95	99	110	101
Uréia + C e B	98	88	111	99



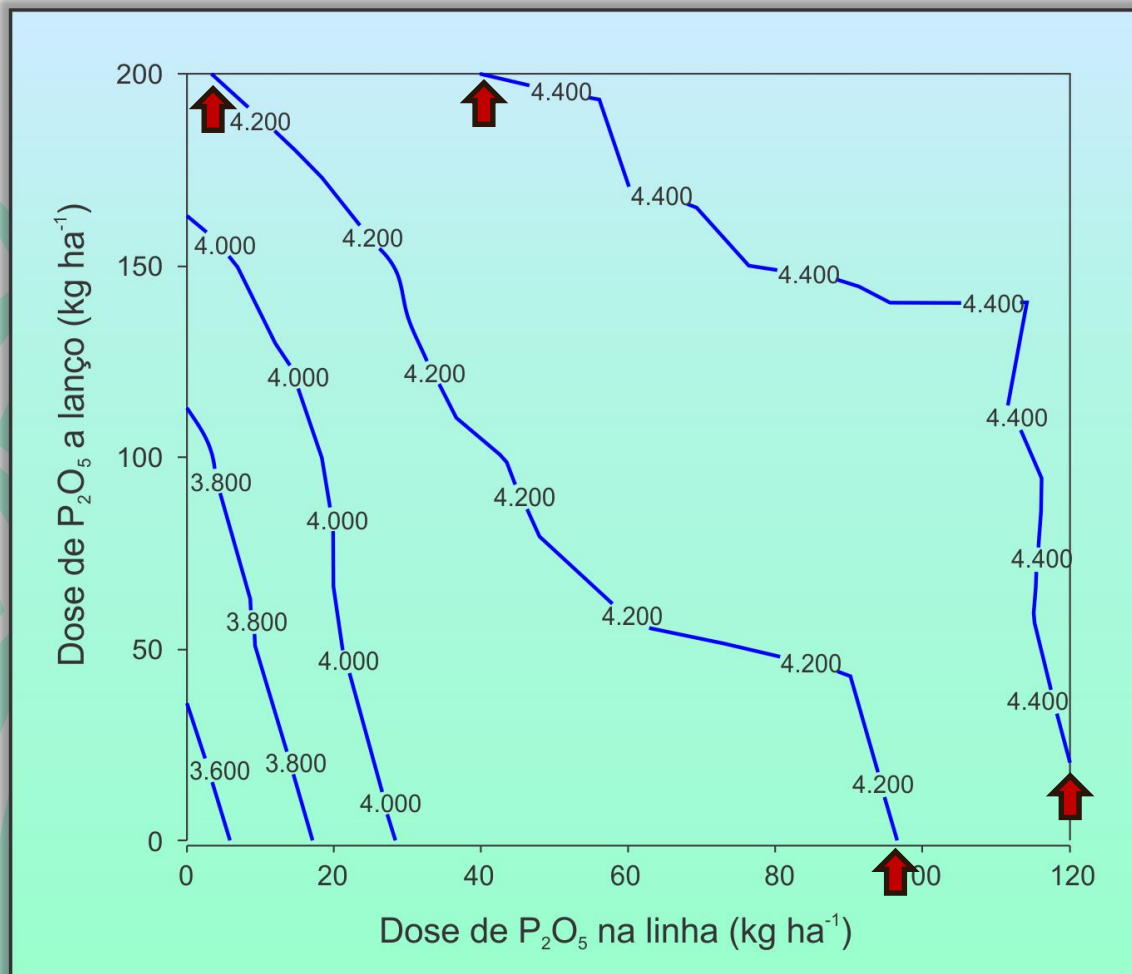
FÓSFORO



Representação esquemática do ciclo de fósforo no solo



Isolinhas de produtividade de algodão obtidas em experimento em Mato Grosso, em solo com 710 g kg^{-1} de argila e 10 mg dm^{-3} de fósforo extraído por mehlich⁻¹

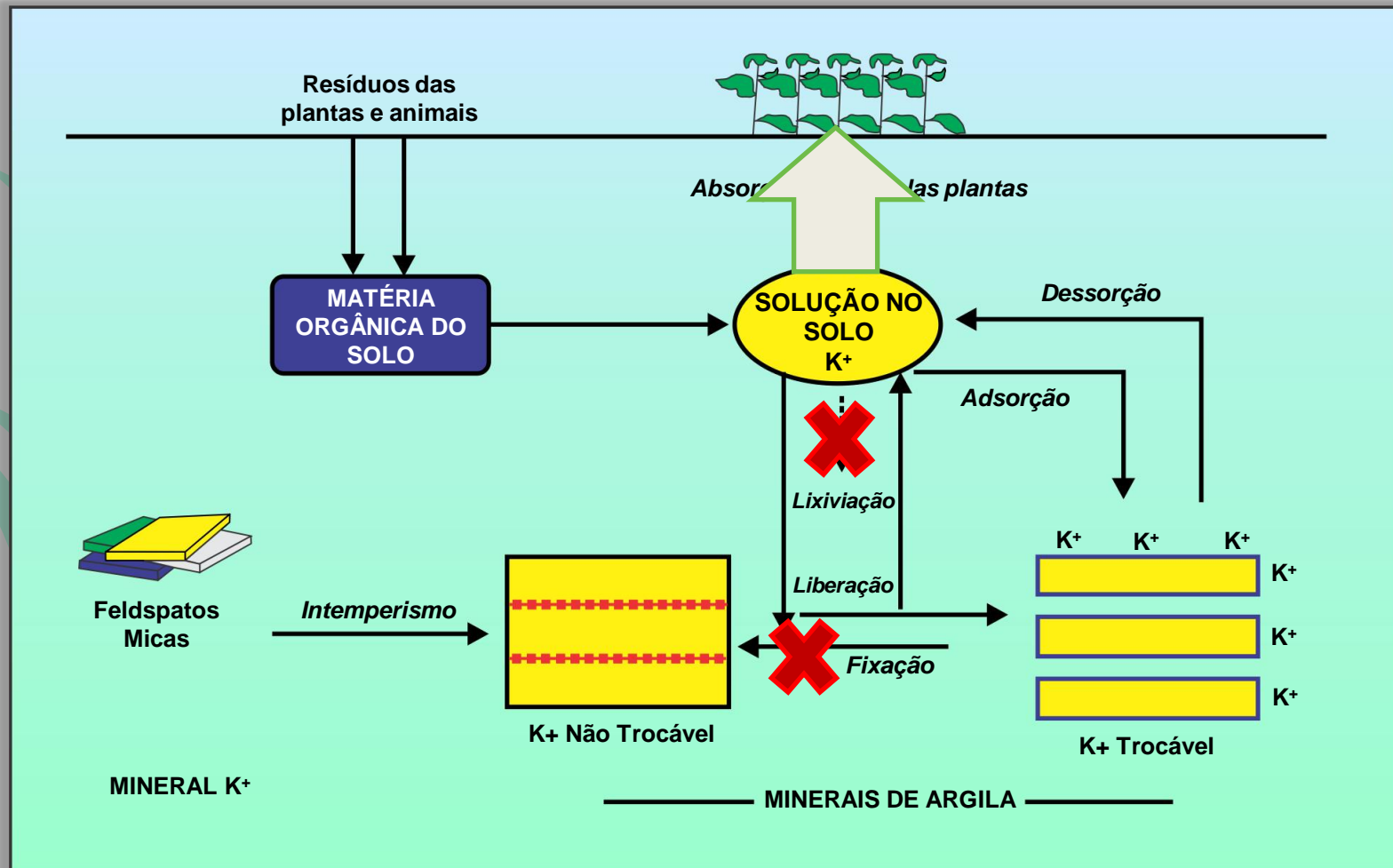


Fonte: Adaptado de dados de Fundação MT (2001).

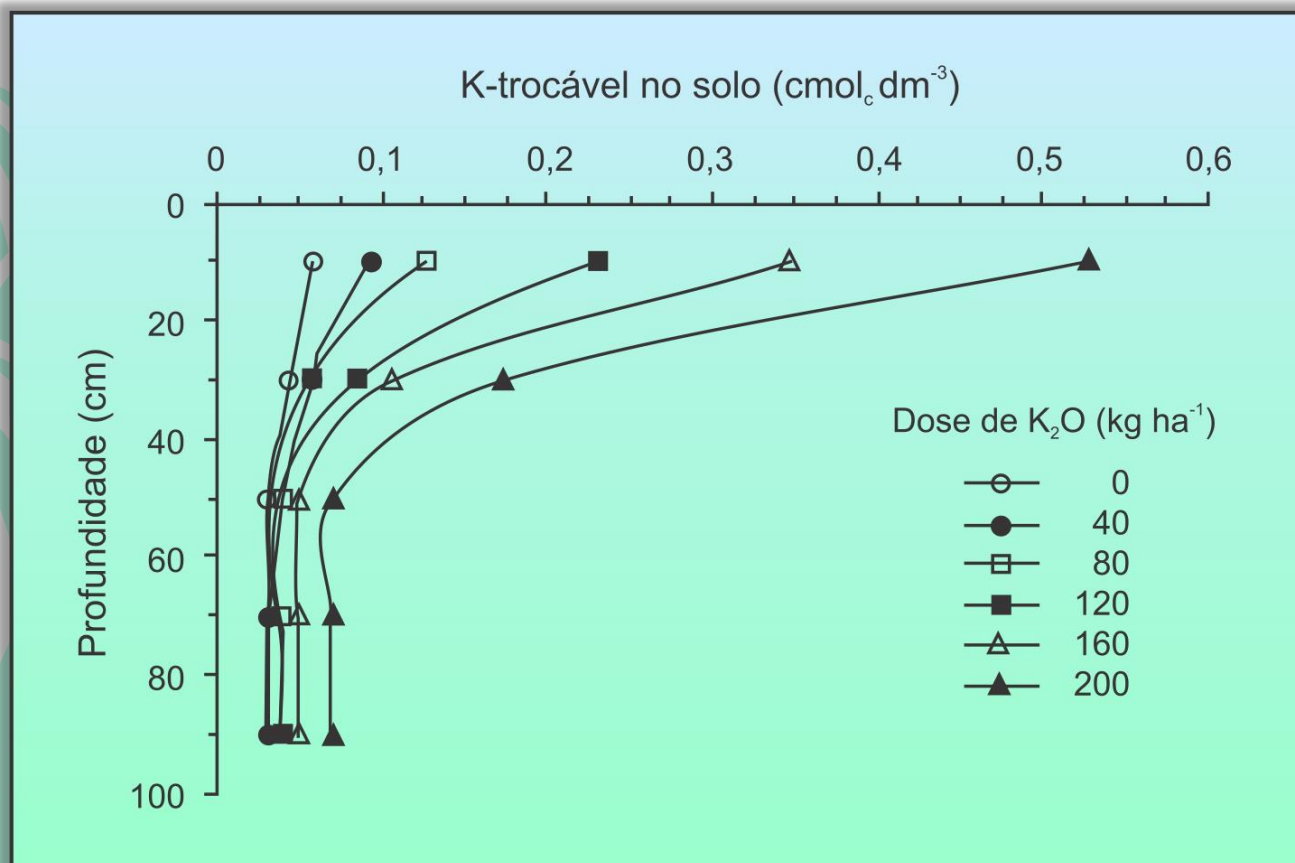
POTÁSSIO



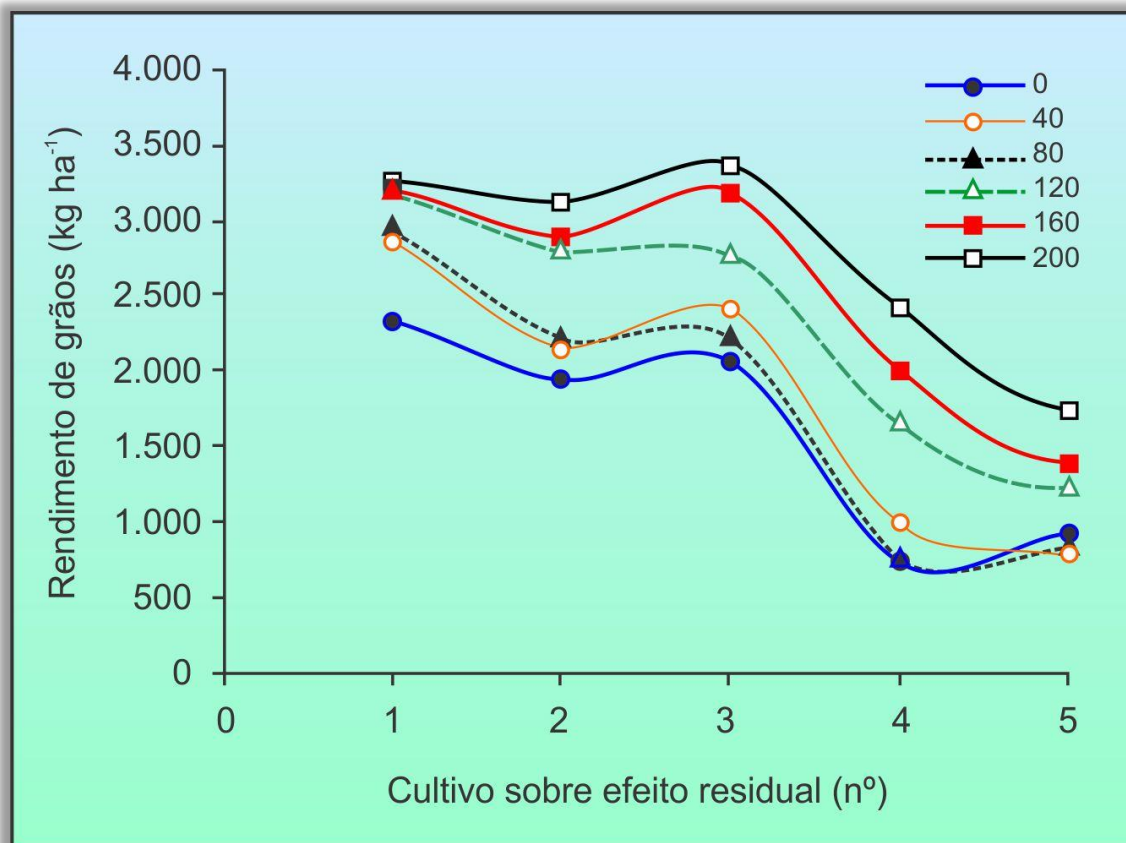
CICLO DO POTÁSSIO EM SOLOS



Teor de potássio trocável no solo em função de doses de K_2O aplicadas e da profundidade avaliada; médias da safra 2000/01, em Londrina-PR



Rendimento de grãos de soja de cultivos sob efeito residual de cinco anos de aplicação de doses de K_2O ; média das safras 1995/96 a 1999/00, com as cultivares BR-16 e BR-13, em Ponta Grossa-PR. Embrapa Soja, Londrina-PR.



Fonte: Borkert et al., 2004.

**SUCESSO A TODOS, SUCESSO À ATIVIDADE AGRÍCOLA,
e
MUITO GRATO PELA ATENÇÃO!**



Website:

<http://brasil.ipni.net>
efrancisco@ipni.net

Telephone/fax:

(66) 3023-1517
(19) 98723-0699