

# Manejo Eficiente de Fertilizantes

Dr. Eros Francisco, IPNI Brasil



# Manejo eficiente de fertilizantes: *Introdução*



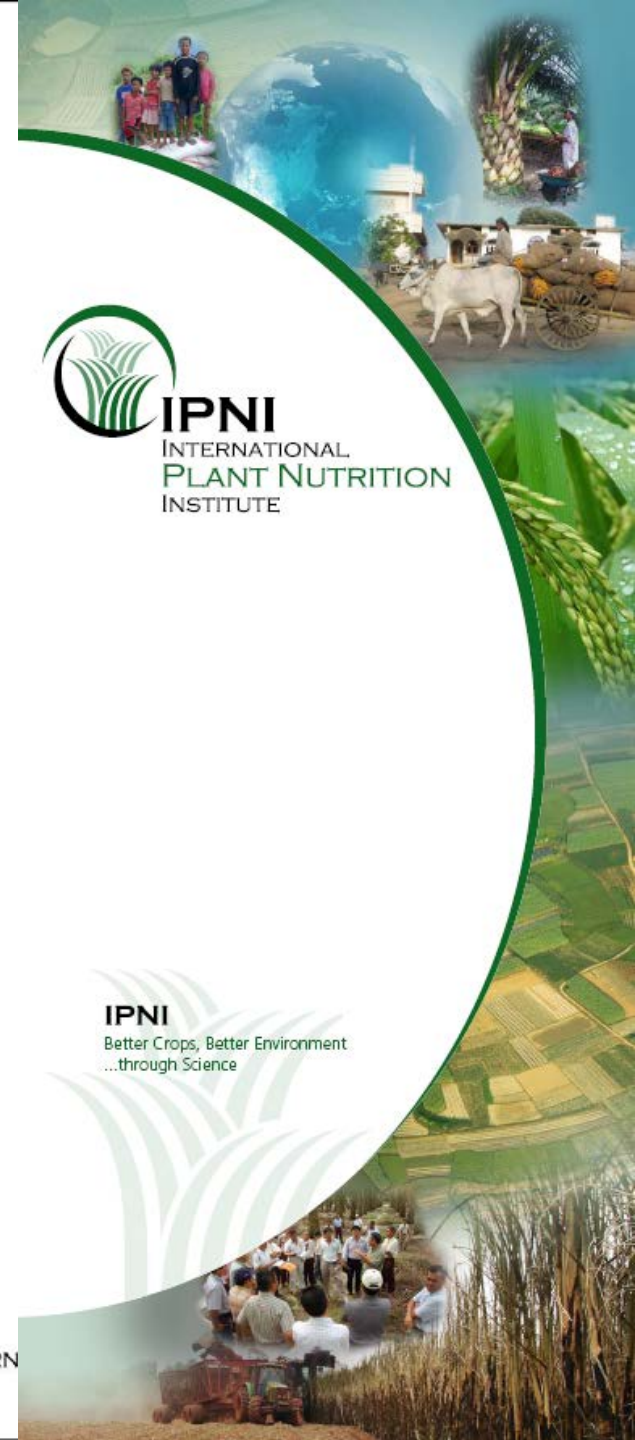
**IPNI**  
INTERNATIONAL  
PLANT NUTRITION  
INSTITUTE


**IPNI**

Better Crops, Better Environment  
...through Science



**IPNI** INTERN





**Sem adição de nutrientes  
(fertilidade natural)**

**Com adição de nutrientes  
(fertilidade construída)**

**O que é uso eficiente de fertilizantes?**

*É a medida do ganho em produção por unidade de nutriente aplicado.  
(Lopes & Guilherme, 2000)*

# A qualquer custo? Que aspectos considerar?

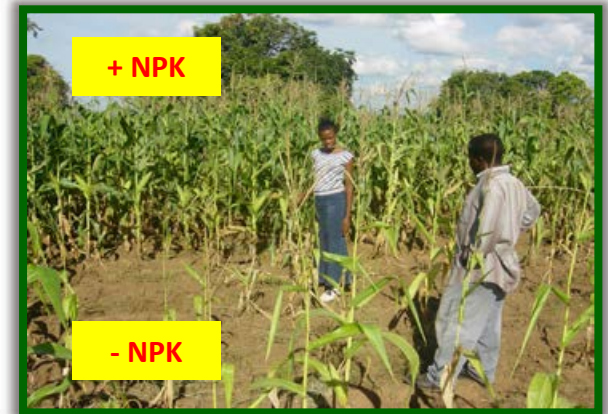
## Econômico



## Ambiental

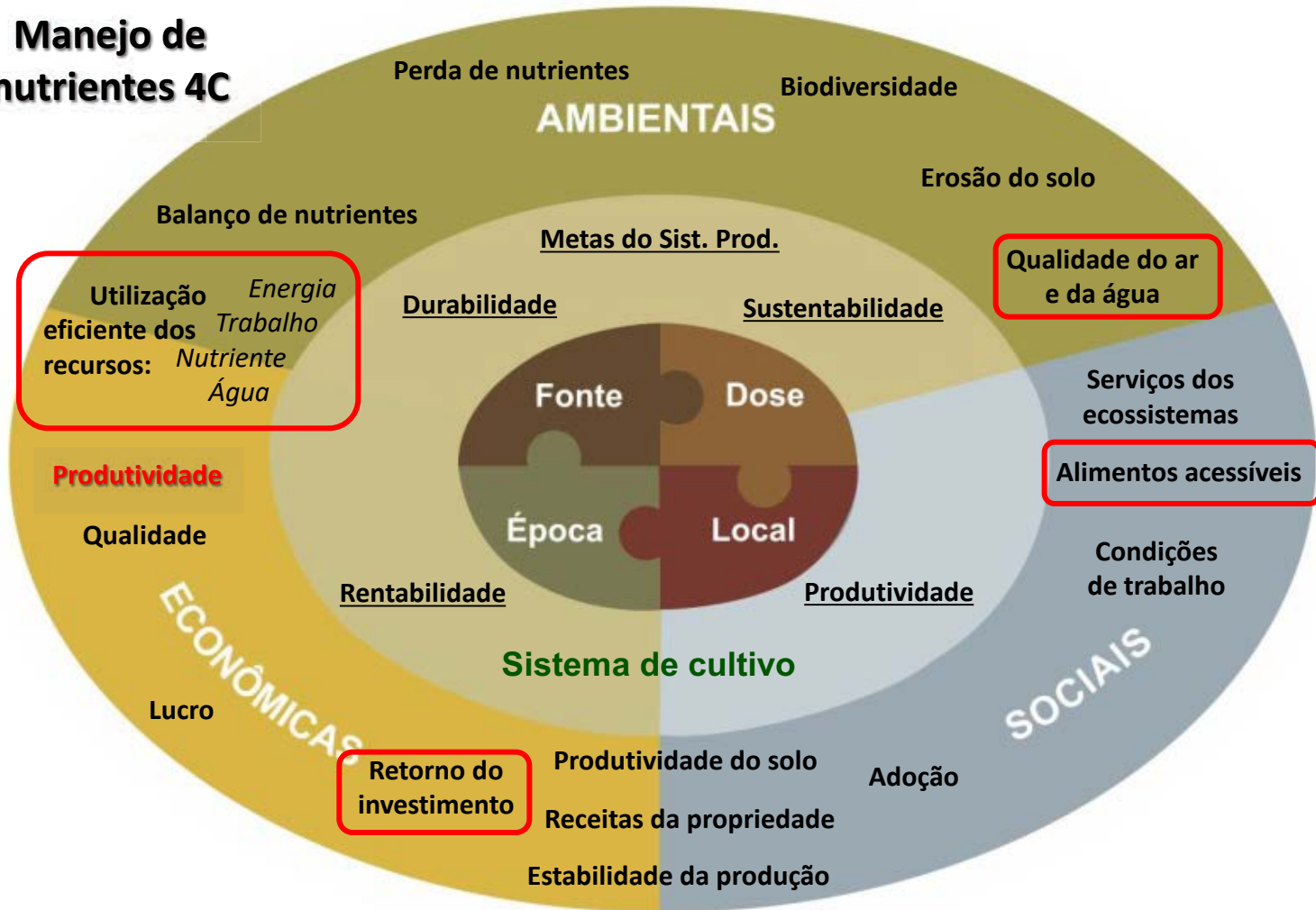


## Social



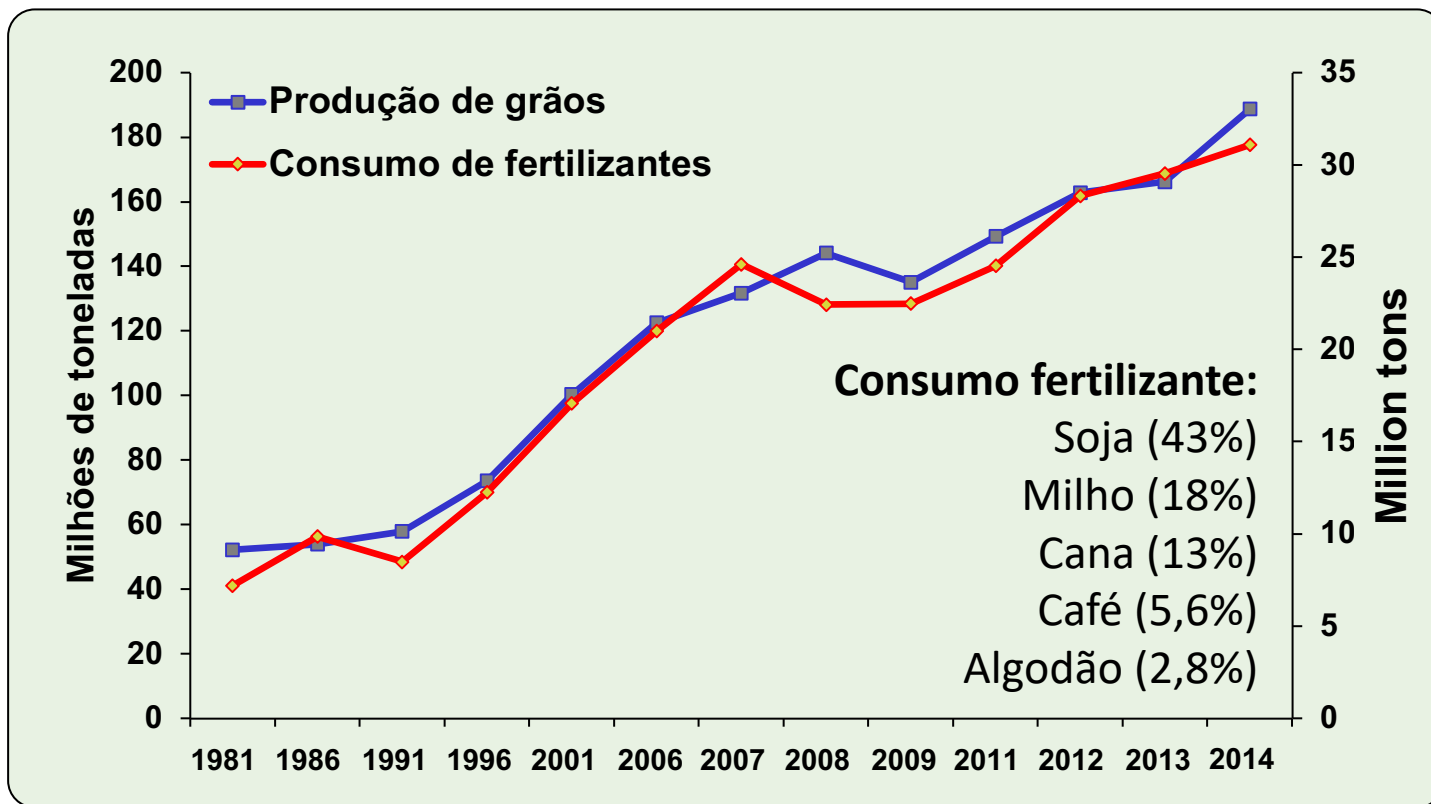
# boas práticas para uso eficiente de fertilizantes

## Manejo de nutrientes 4C



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

# Produção total de grãos e consumo de fertilizantes no Brasil



**2017**  
237 M ton (grão)  
34 M ton (fertilizante)

Fonte: ANDA e CONAB (2015),

Cotton seed, peanut, rice, barley, canola, rye, oak, beans, sunflower, castorbeans, maize, soybean, sorghum, and wheat.

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

Balanço de Nutrientes	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> 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
Balanço de nutrientes (II - I)	992.463	1.618.300	697.777
<b>Desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes (I/II x 100)</b>	<b>65%</b>	<b>53%</b>	<b>82%</b>
Fator de consumo (II/I)	1,5	1,9	1,2

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



# Balanço de nutrientes na agricultura brasileira (2009-2012): Cerrado

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

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





## Balanço de nutrientes na agricultura brasileira (2009-2012): por cultura

Cultura	Desfrute médio (%)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> 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

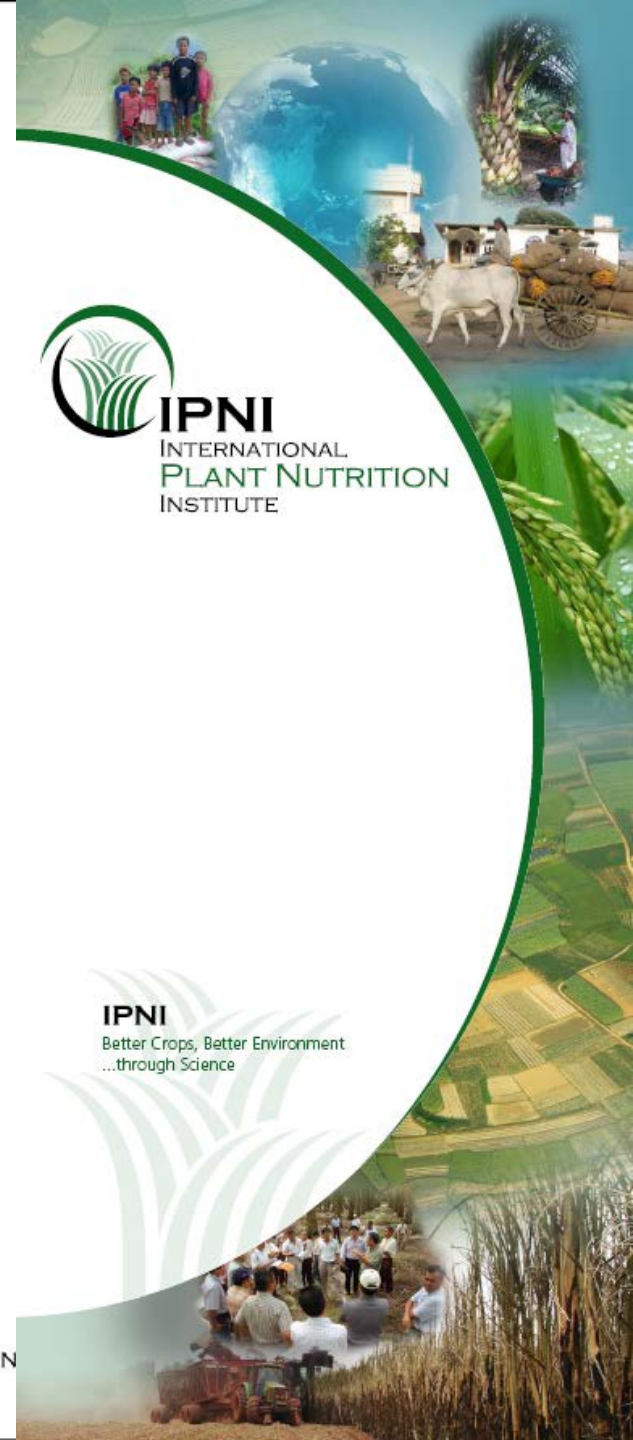
Fonte: Cunha et al. – Informações Agronômicas, março/2014



# Manejo eficiente de fertilizantes: *Aspecto básicos*



IPNI  
Better Crops, Better Environment  
...through Science



## Características dos fertilizantes

- **Natureza física** (estado físico, granulometria, dureza, fluidez, densidade)
- **Natureza química** (# nutrientes, forma química e concentração dos nutrientes)
- **Natureza físico-química** (solubilidade, higroscopicidade, empedramento, salinidade)





# Características do solo

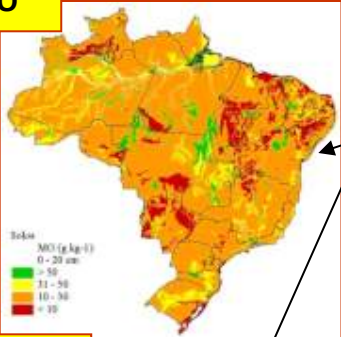
## Características do solo

Características físicas (textura, estrutura e porosidade) afetam o armazenamento de água e nutrientes, a mobilidade de íons e as perdas de nutrientes via lixiviação ou erosão

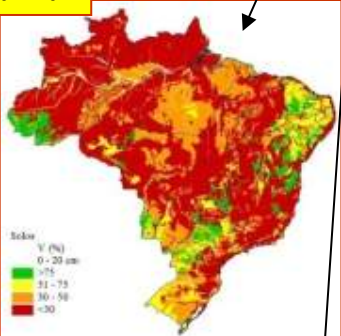
- ✓ **Textura:** necessidade de maior número de parcelamento das adubações NK, determinação da dose P corretiva, avaliação da maior ou menor CAD do solo, determinação da dose de calcário, maior ou menor probabilidade de deficiências de micros, avaliação de doses de gesso na melhoria do ambiente radicular.
- ✓ **Estrutura e porosidade:** maior ou menor predisposição às perdas por erosão, problemas de impedimento físicos ao desenvolvimento de raízes, potencial de lixiviação, etc.



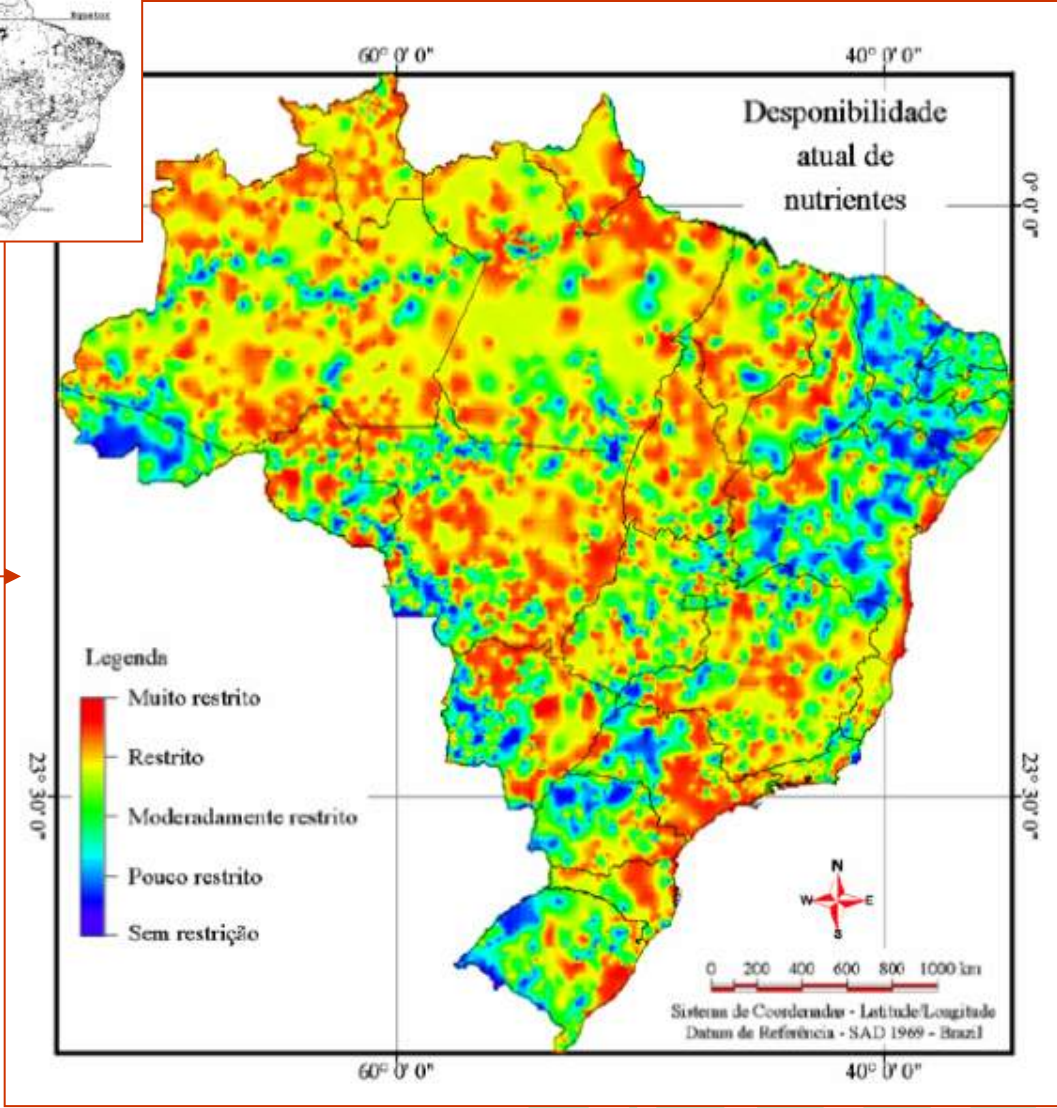
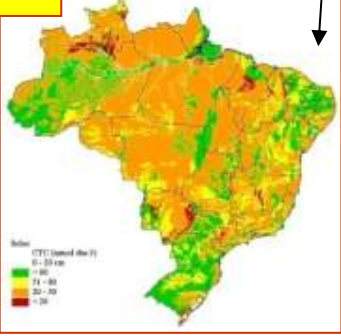
**MO**



**SB (V%)**

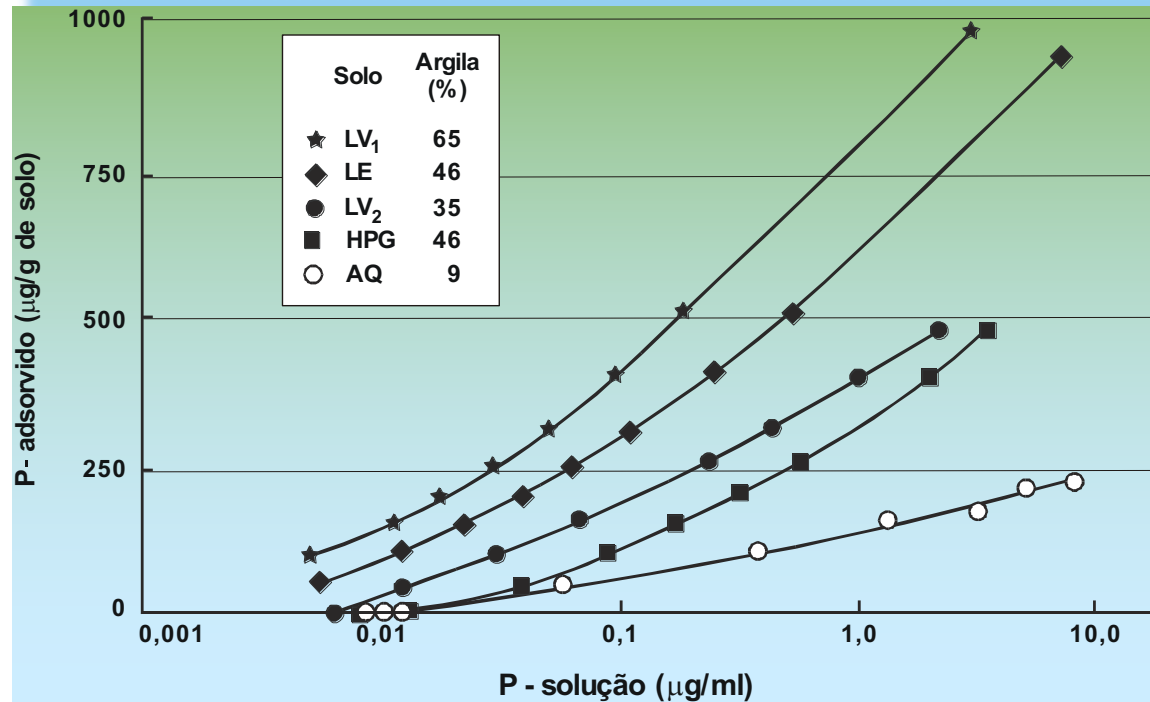


**CTC**



**Classes de restrição dos solos brasileiros em relação à fertilidade do solo (Sparovek et al.).**

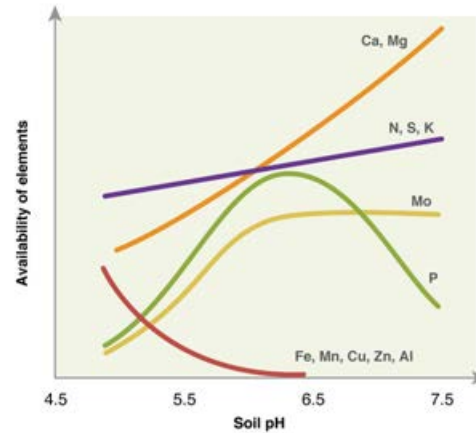
# Capacidade de fixação de P



## Práticas para reduzir o problema:

- ✓ Calagem: manutenção de pH adequado
- ✓ SPD: resíduos culturais podem ajudar a acumular MO
- ✓ Promover atividade microbiana: microrizas
- ✓ Local de aplicação P: reduzir o contato com o solo

# ph do solo



Quadro 1 – Estimativa de variação percentual na assimilação dos principais nutrientes pelas plantas, em função do pH do solo.

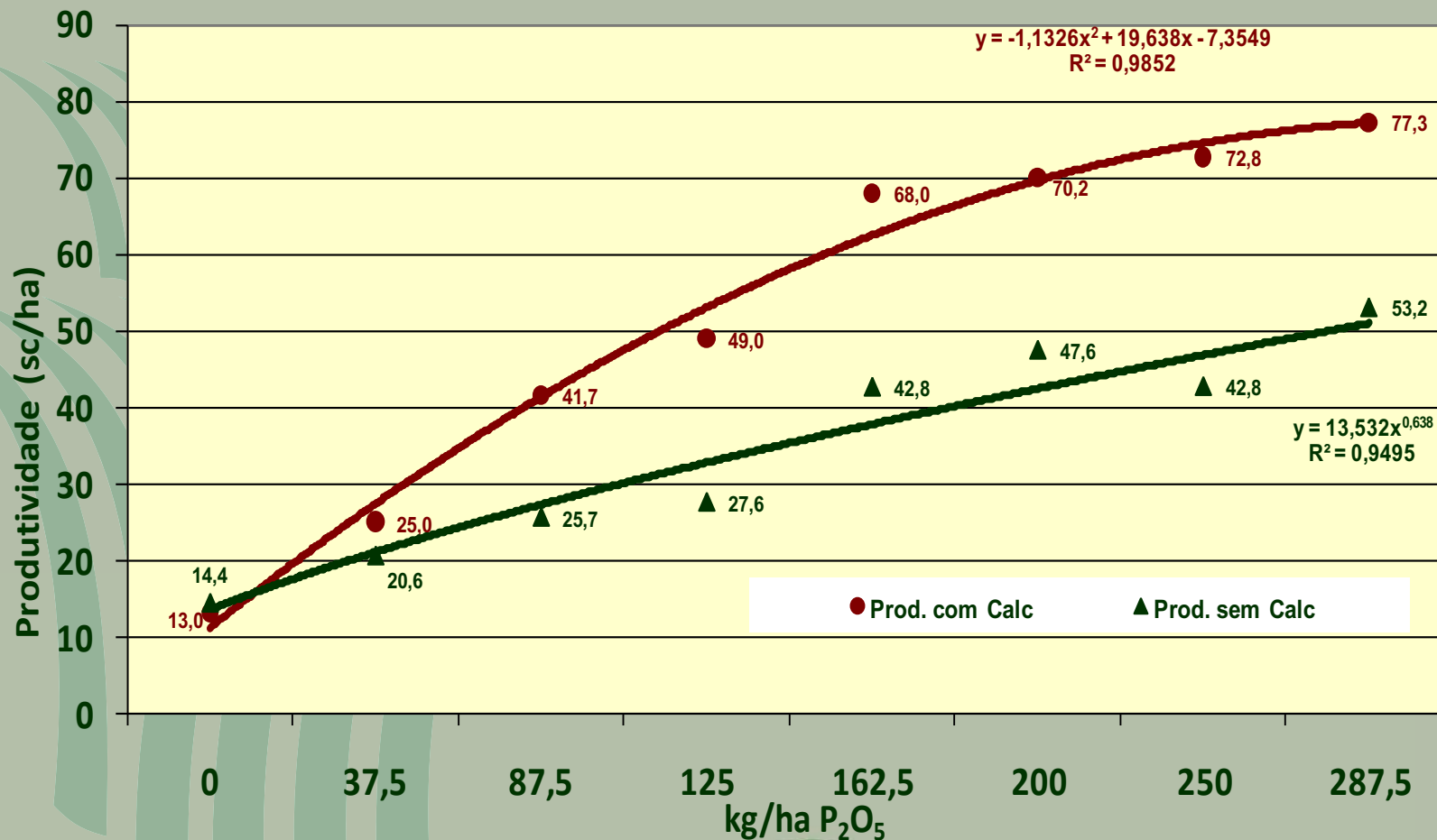
Elementos	pH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
<b>Nitrogênio</b>	20	50	75	100	100	100
<b>Fósforo</b>	30	32	40	50	100	100
<b>Potássio</b>	30	35	70	90	100	100
<b>Enxofre</b>	40	80	100	100	100	100
<b>Cálcio</b>	20	40	50	67	83	100
<b>Magnésio</b>	20	40	50	70	80	100
<b>Médias</b>	<b>26,7</b>	<b>46,2</b>	<b>64,2</b>	<b>79,5</b>	<b>93,8</b>	<b>100</b>

Fonte: EMBRAPA (1980)



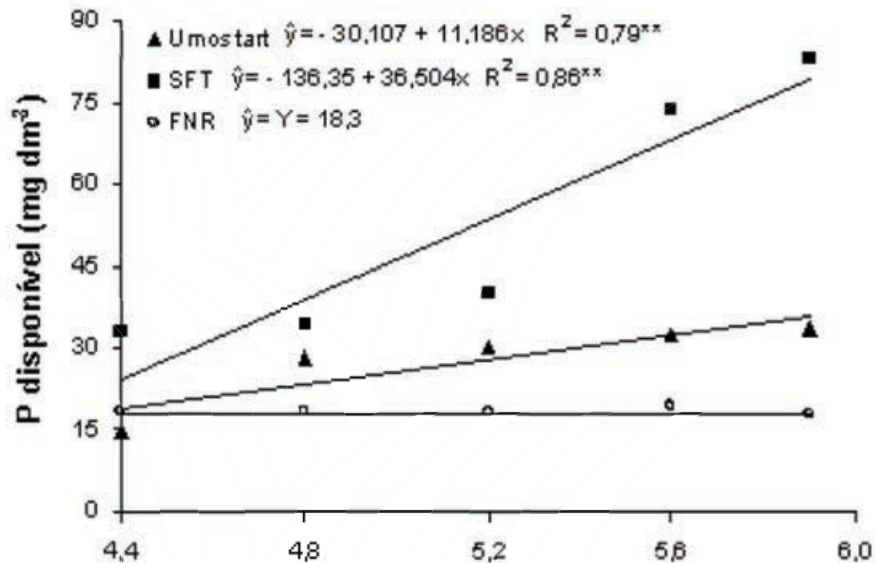
# Efeito da correção da acidez na produtividade das culturas

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.



# Efeito da correção da acidez na produtividade das culturas

## pH solo x fonte P



Fonte: Zoz et al., 2009. pH do solo

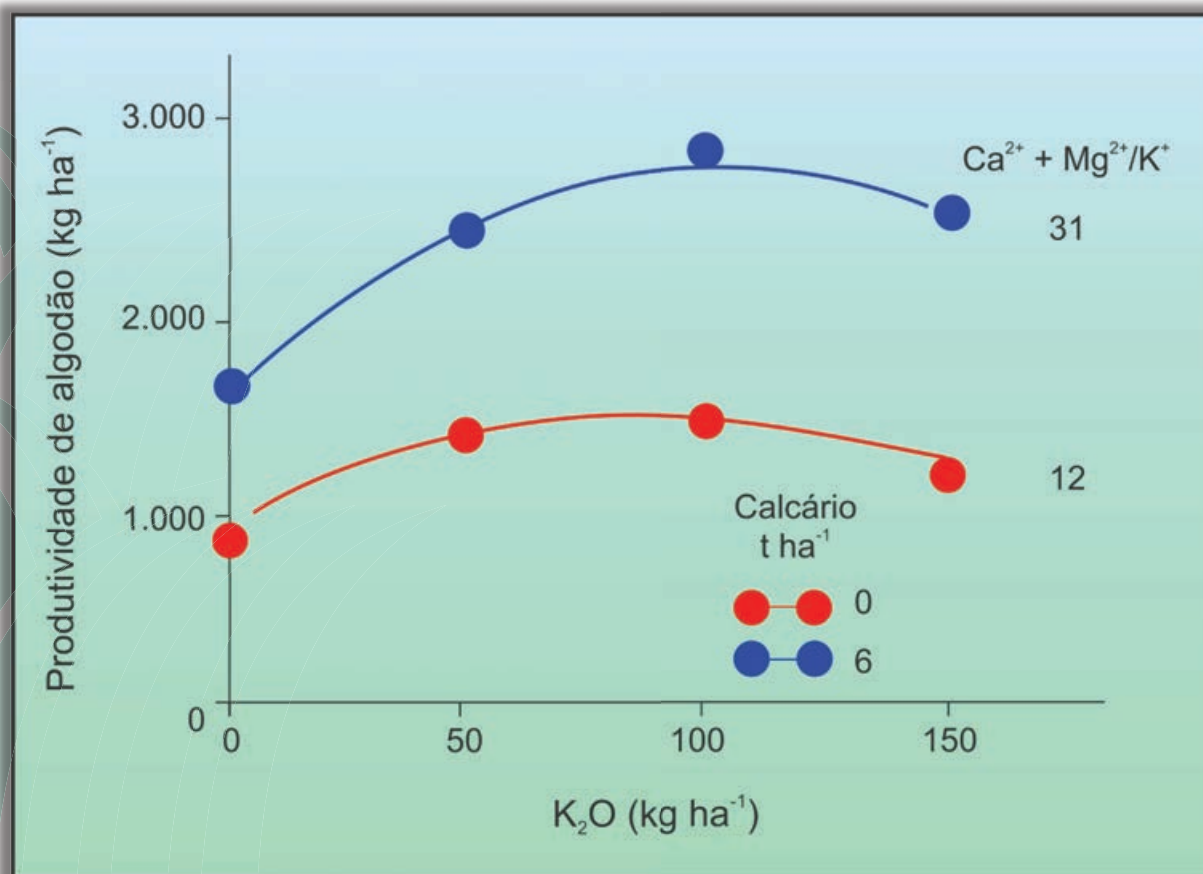
## pH solo x nodulação



Foto: Leandro Zancanaro



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



Fonte: Silva e outros (1984).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE



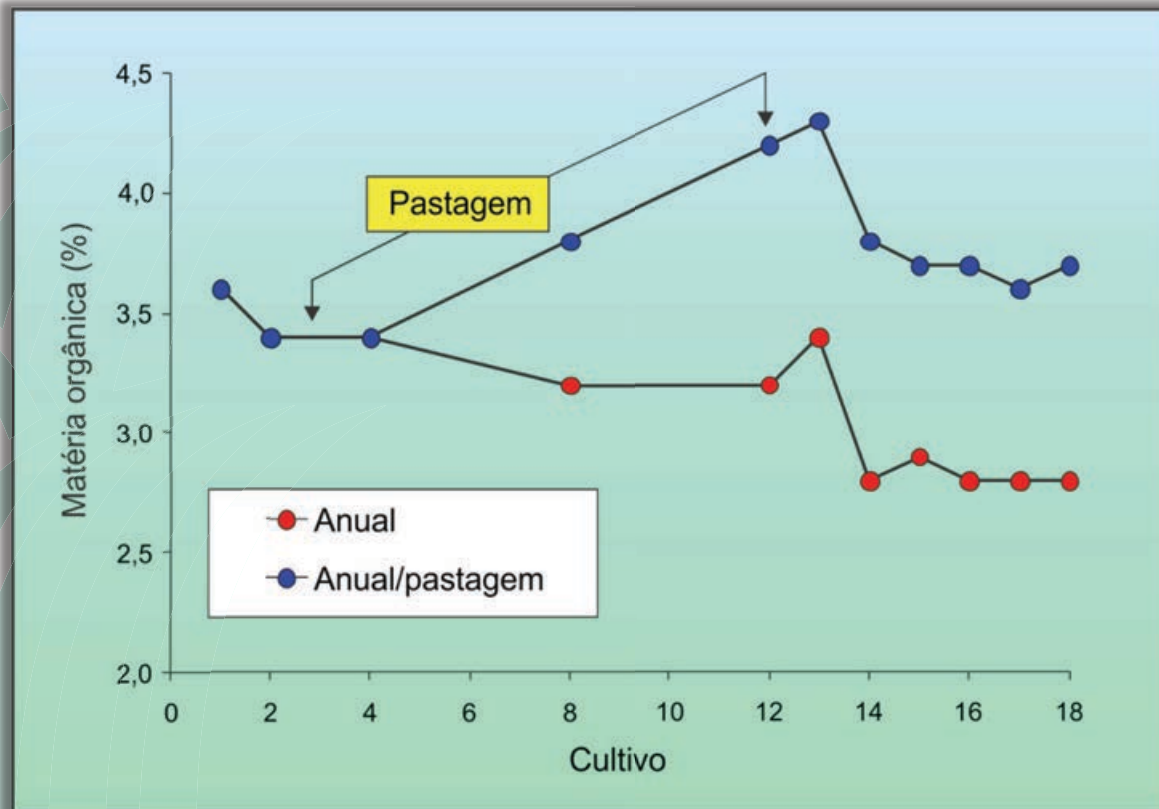
# **MATÉRICA ORGÂNICA**

## 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 <sup>1</sup>	anuais e capim <sup>2</sup>
kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	----- % -----	
100	<b>44</b>	<b>85</b>
200	<b>40</b>	<b>82</b>
400	<b>35</b>	<b>70</b>
800	<b>40</b>	<b>62</b>

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

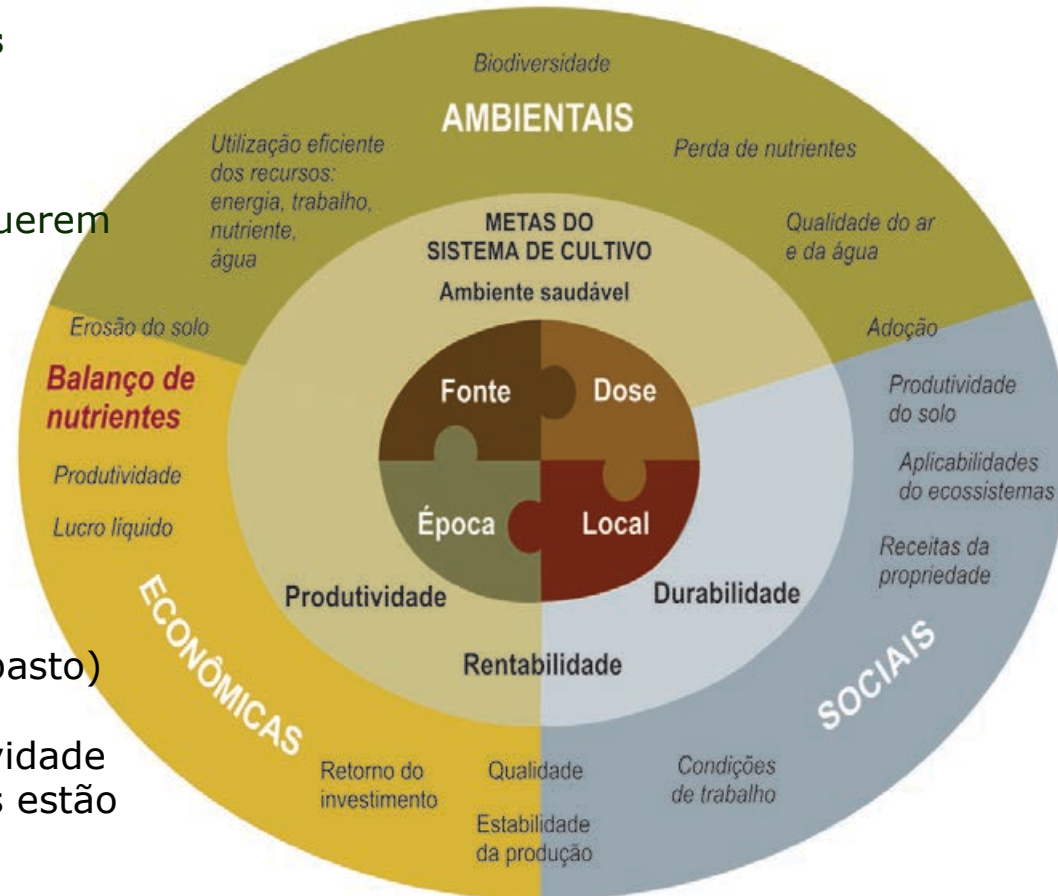
## Fonte, Dose, Época e Local Certos

### Atenção equilibrada para todos os 4Cs

- ✓ Dose: superenfaturada
- ✓ Fonte, Época e Local: geralmente, requerem maiores mudanças e investimentos

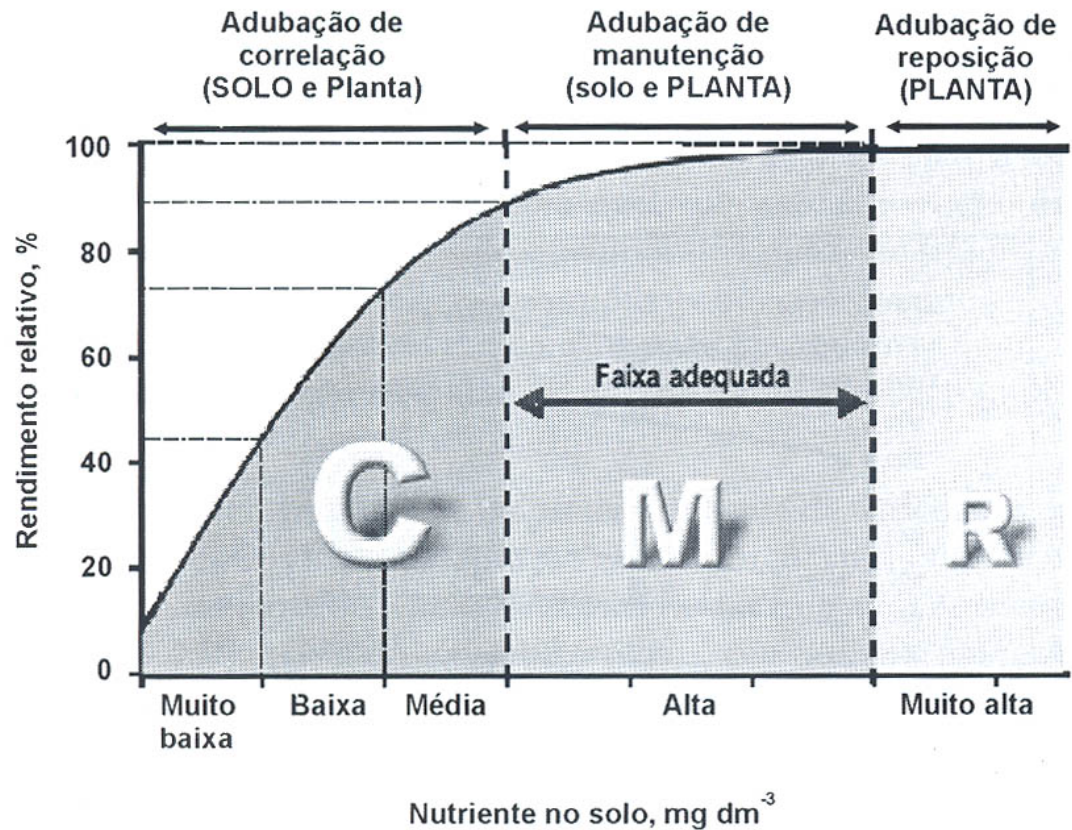
### Os 4Cs estão conectados

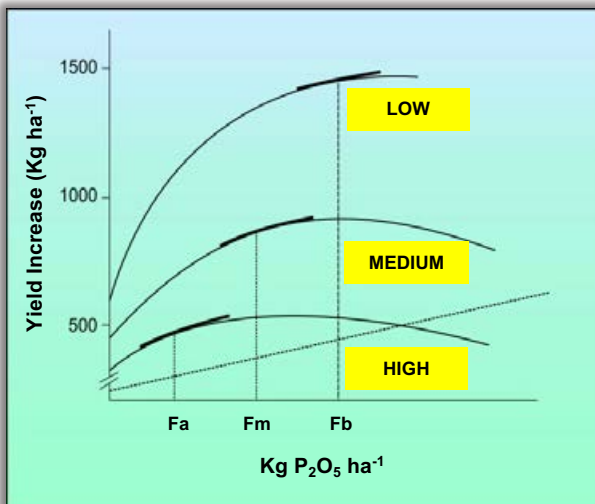
- ✓ Entre si
- ✓ Com os fatores locais de clima e solo
- ✓ Com o manejo do solo e das culturas (pasto)
- ✓ Outros fatores podem limitar a produtividade mesmo quando os níveis dos nutrientes estão adequados





# Dose Certa





# Tabela de Adubação

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

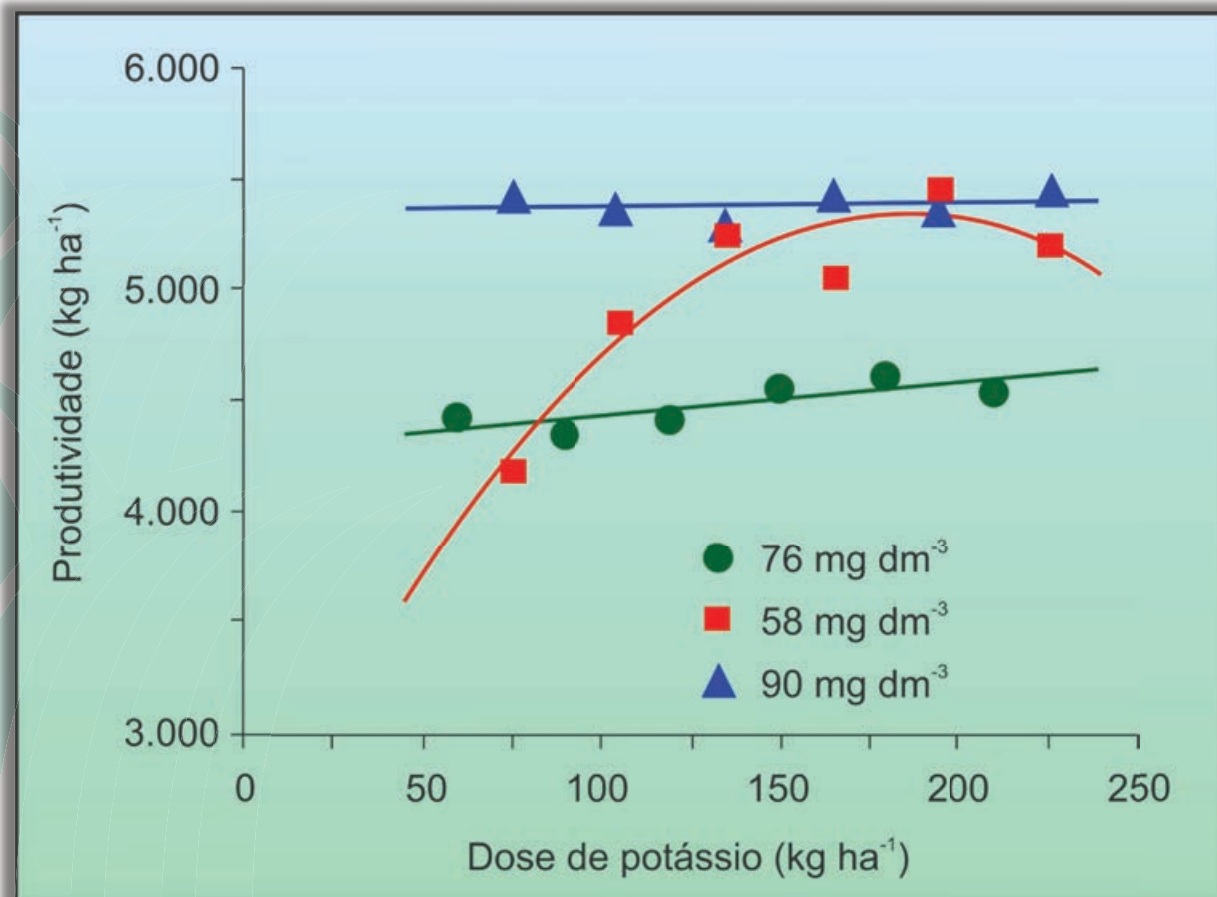
Yield	Nitrogênio	P resina, mg/dm <sup>3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha				K <sub>2</sub> O, kg/ha (²)			
2-4	10	60	40	30	20	50	40	30	0
4-6	20	80	60	40	30	50	50	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:**

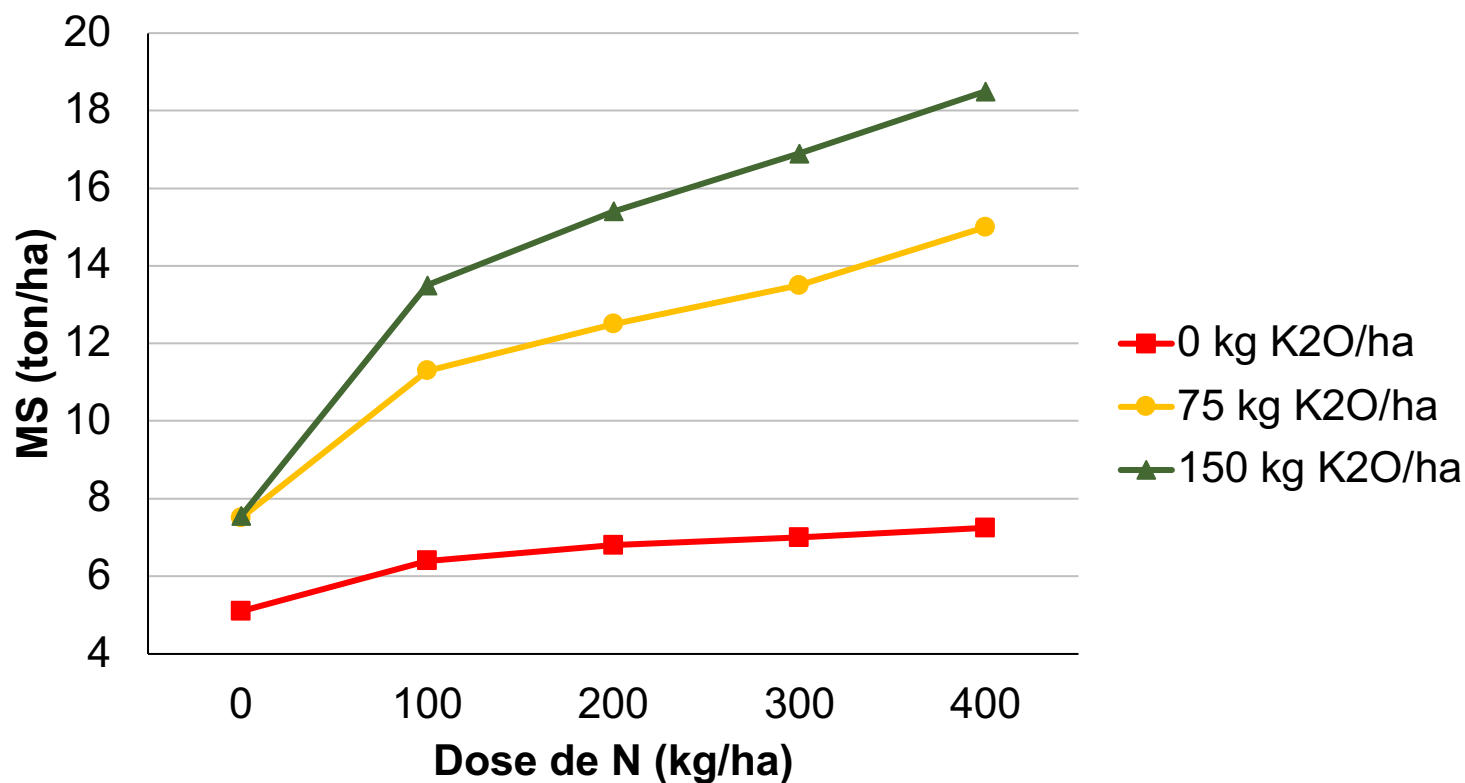
A DOSE É DEFINIDA POR ESTUDOS DE CURVA DE RESPOSTA, PARA CADA CLASSE DE TEOR (ESTUDOS DE CALIBRAÇÃO), PARA DETERMINADO MÉTODO ANALÍTICO (ESTUDOS DE CORRELAÇÃO), PARA DETERMINADA FORMA DE COLETA DA AMOSTRA DE SOLO.

Fonte: Raij et al, 1996.

## Resposta do algodoeiro ao potássio em experimentos realizados no Estado de Mato Grosso, em solos com 58 mg dm<sup>-3</sup>, 76 mg dm<sup>-3</sup> e 90 mg dm<sup>-3</sup> de potássio

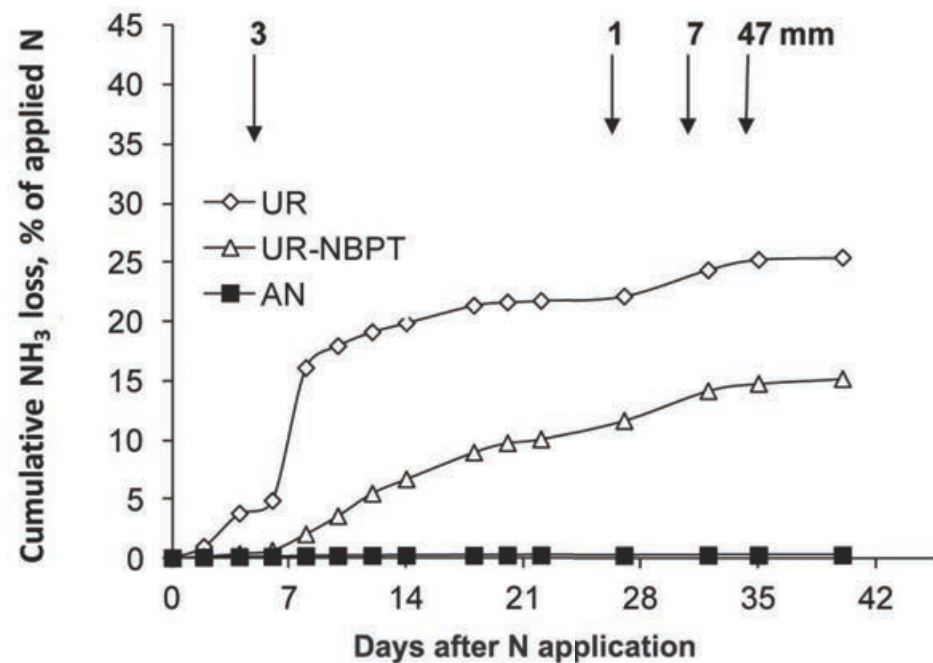


## Matéria seca acumulada de capim *Brachiaria* em resposta à adubação NK

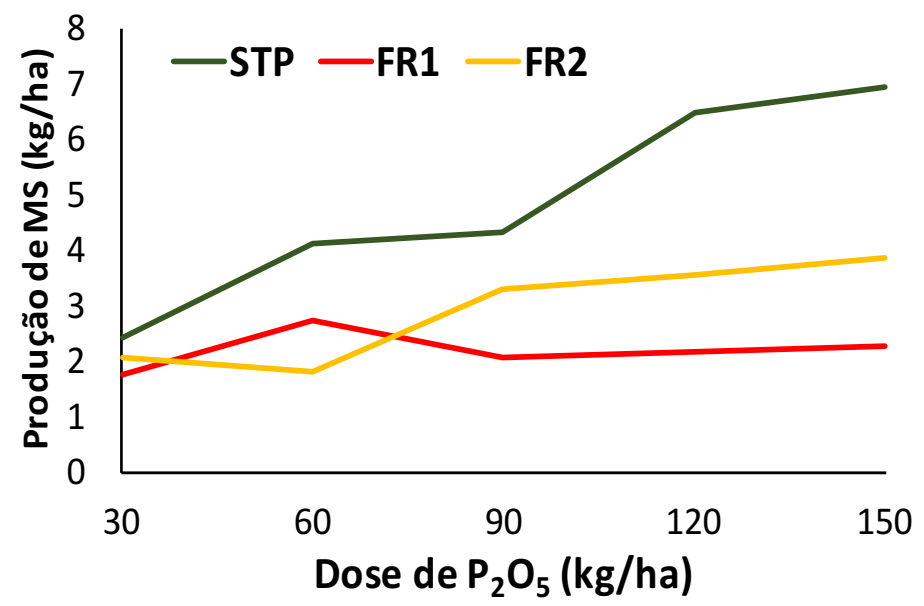


Fonte: Carvalho et al. (1991).

# Fonte Certa

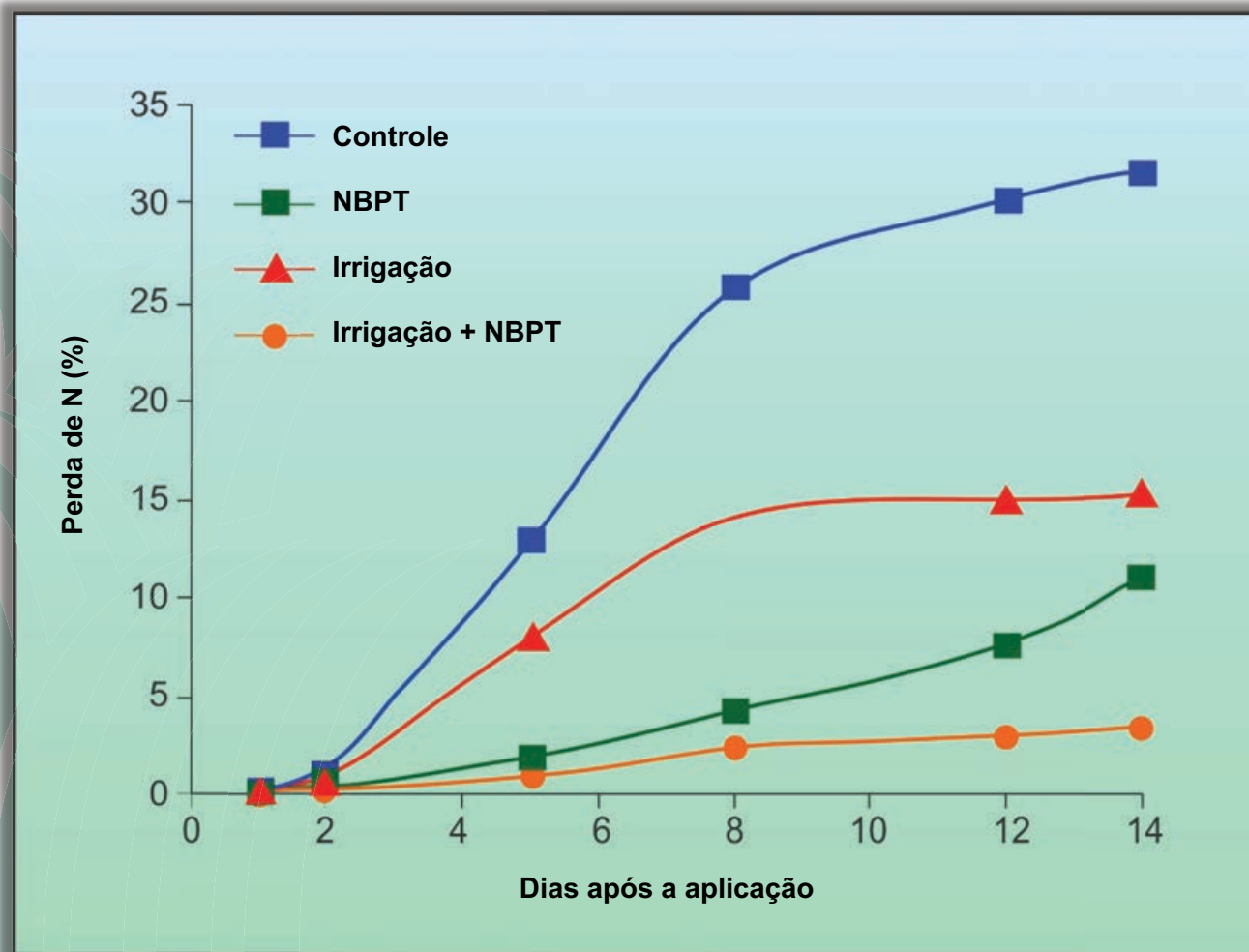


Fonte: Cantarella et al. (2008).



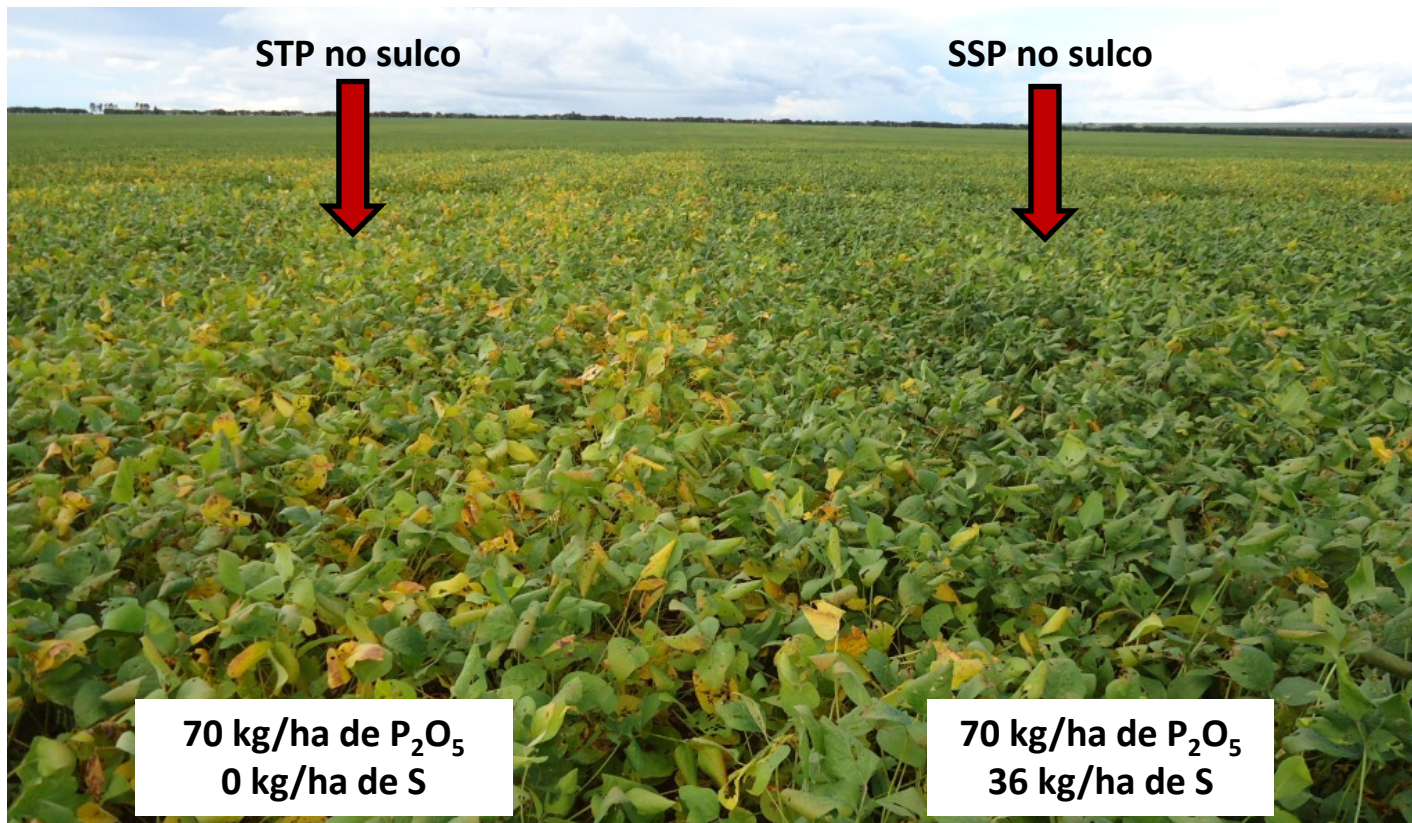
Fonte: Lima et al. (2007).

# 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

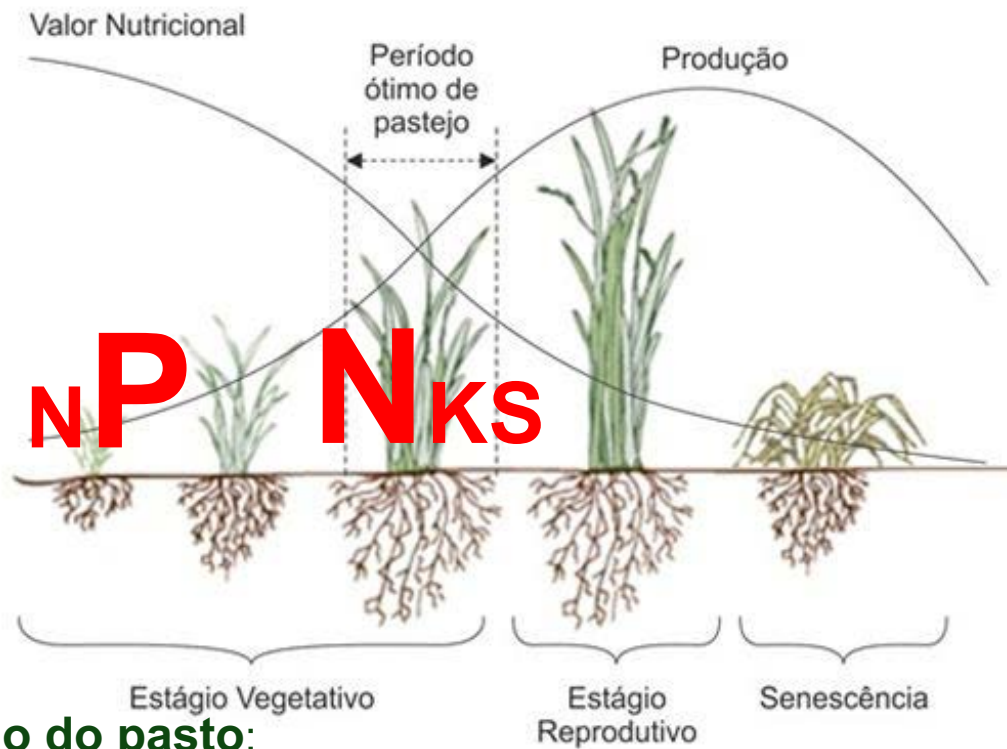


Fonte: Rawluk, Grant e Racz (2000).

## Efeito da fonte de S na produtividade de soja



# Época Certa



## Formação do pasto:

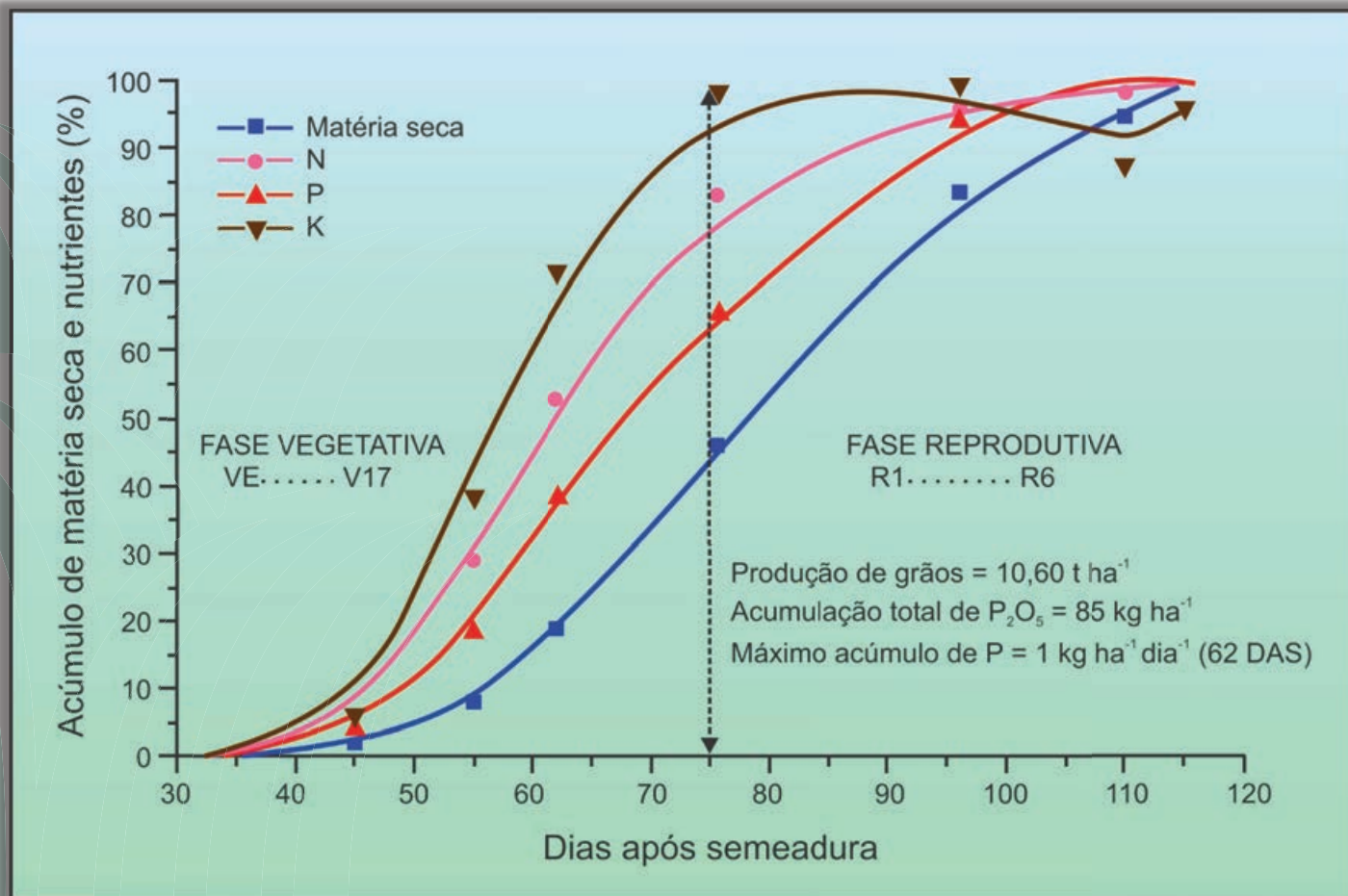
- Enraizamento rápido e sistema radicular vigoroso
- Estabelecimento de plantas rápido e boa formação de touceiras
- Alicerce para resposta à adubação nitrogenada

## Manutenção do pasto:

- Produção de forragem
- Qualidade nutricional da forragem
- Resistência aos períodos de estresse hídrico



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

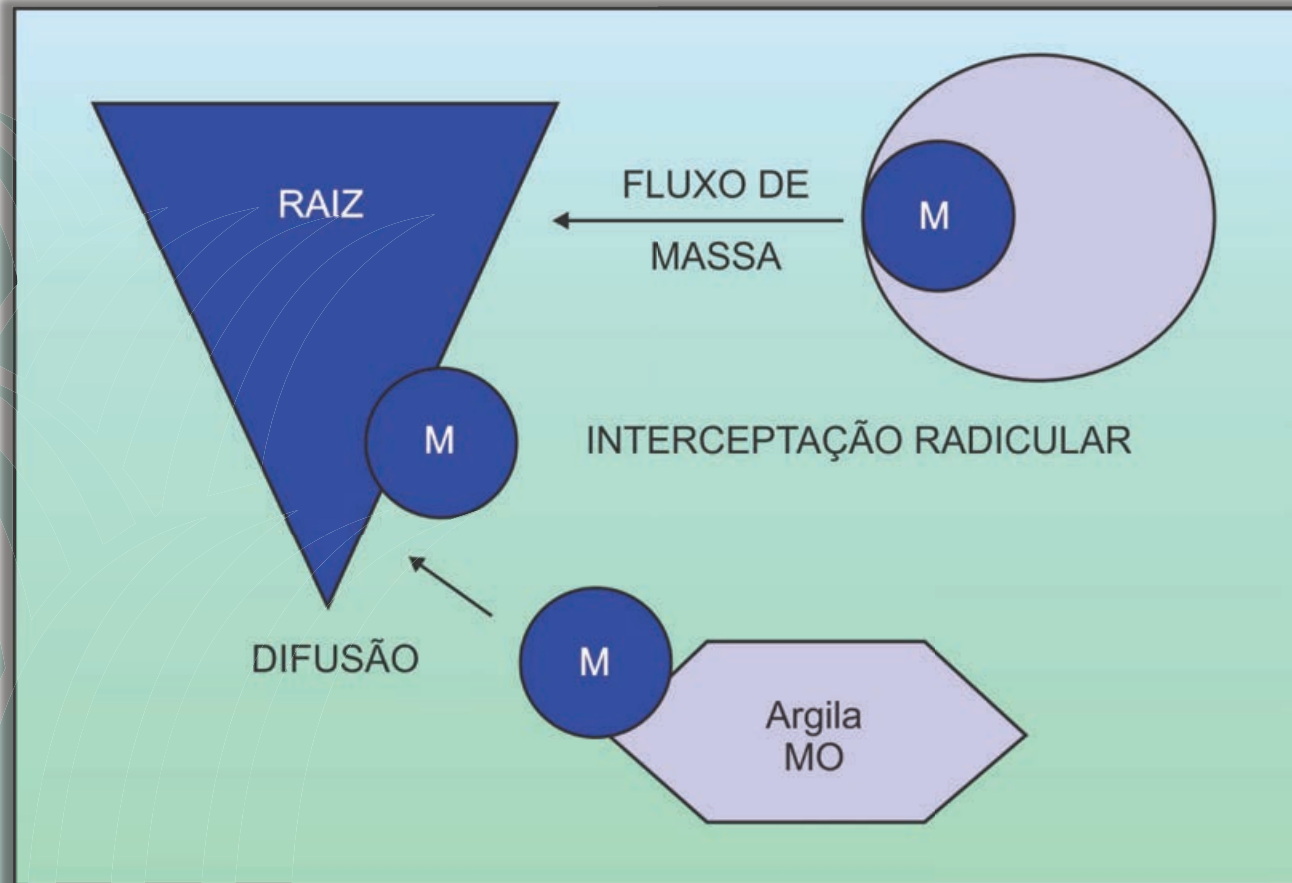


# Local Certo



Composição granulométrica da formulação 20-00-20 em função da largura da faixa de aplicação.  
Fonte: Leandro Gimenez, Fundação MT (2012).

# 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 <sup>1</sup>	15	5	80	Próximo das raízes
Ferro <sup>1</sup>	40	10	50	Próximo das raízes
Manganês <sup>1</sup>	15	5	80	Próximo das raízes
Zinco <sup>1</sup>	20	20	60	Próximo das raízes
Molibdênio <sup>2</sup>	5	95	0	Em cobertura (parte)

(1) Complementação com aplicação foliar.

(2) Aplicação via semente e/ou foliar.

## Efeito da localização do fertilizante no crescimento do algodoeiro

Quadro 1. Produção de matéria seca e teores de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea de plantas de algodão, de acordo com a localização do adubo

Tratamento	Matéria seca	N	P	K
	g/vaso	g kg <sup>-1</sup>		
Testemunha	0,09 c <sup>(1)</sup>	35,2 c	1,3 b	16,1
5 cm abaixo	0,19 b	47,1 ab	1,8 a	16,7
5 cm ao lado	0,41 a	50,7 a	1,6 a	12,2
10 cm ao lado	0,38 a	44,8 ab	1,6 a	13,4
2,5 cm de cada lado	0,39 a	44,3 ab	1,5 ab	15,8
5 cm de cada lado	0,49 a	45,0 ab	1,4 ab	11,7
Média	0,32	44,0	1,46	14,3
Teste F	2,48 <sup>ns</sup>	9,33 <sup>**</sup>	5,57 <sup>**</sup>	2,35 <sup>ns</sup>
CV (%)	25,1	7,8	14,0	19,4

<sup>(1)</sup> Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

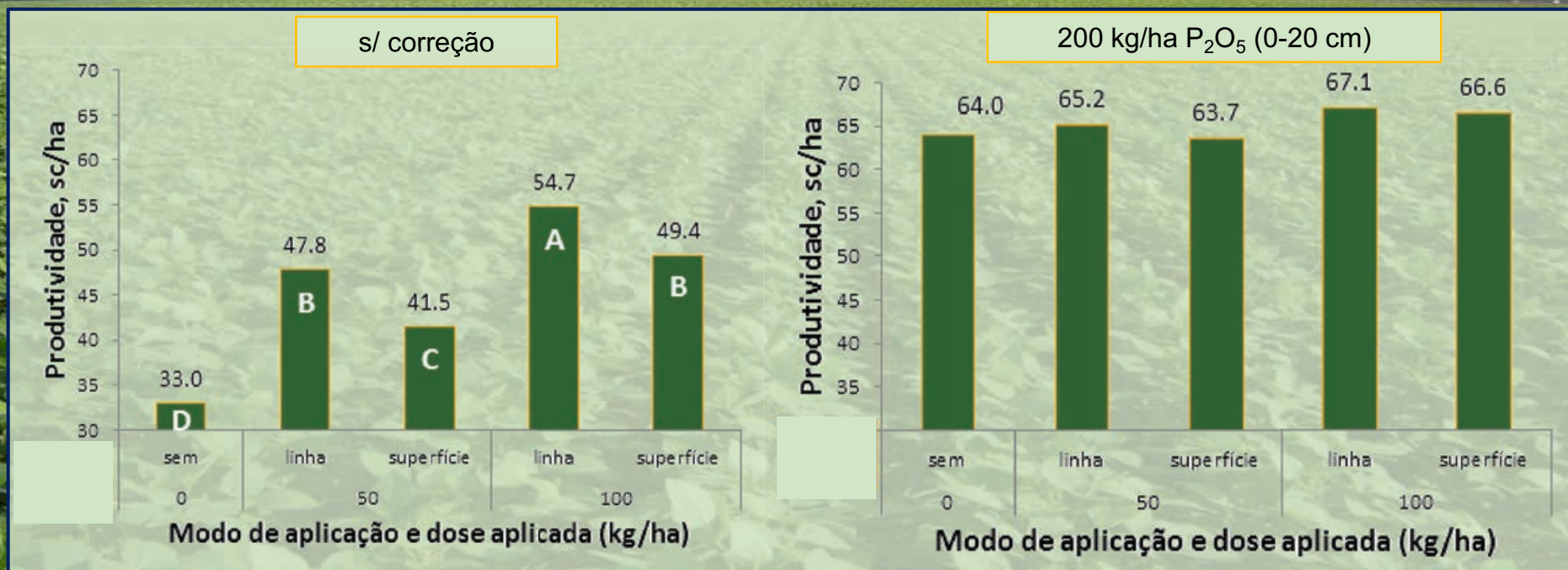
<sup>\*\*</sup> Teste F significativo ( $P < 0,001$ ); ns: teste F não-significativo.

# Adubação fosfatada em superfície



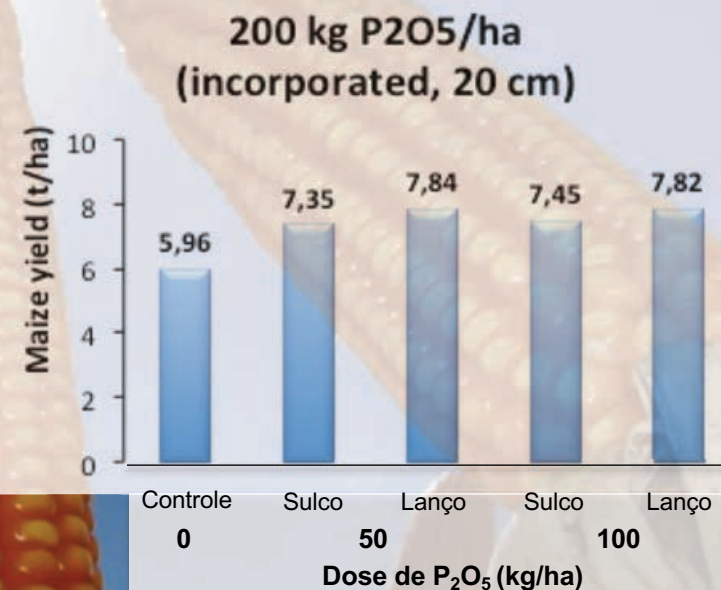
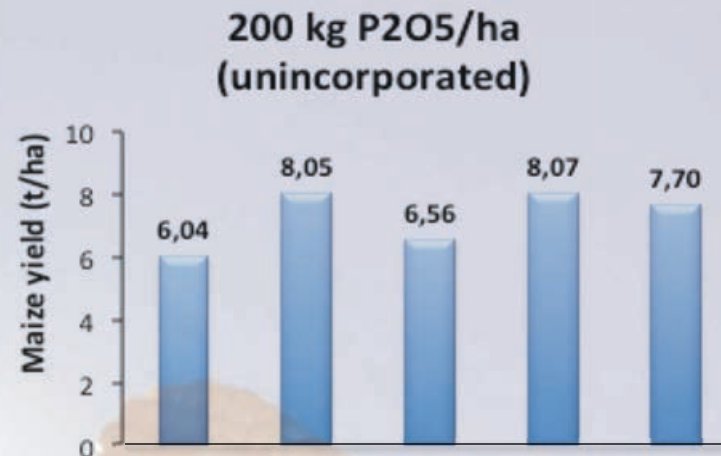
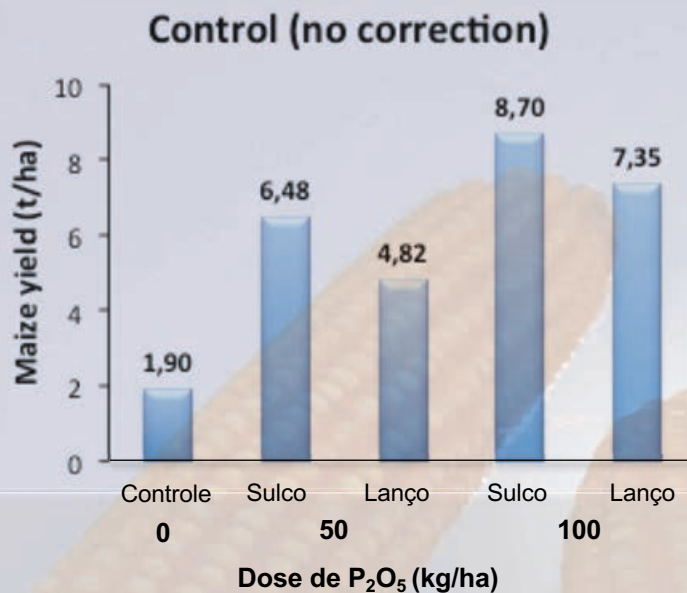
# Adubação fosfatada em superfície

Dose e modo de aplicação de P em diferentes níveis de correção do solo (teor original de P: 3 mg/dm<sup>3</sup>)



Fonte: Fundação MT/PMA (2011)

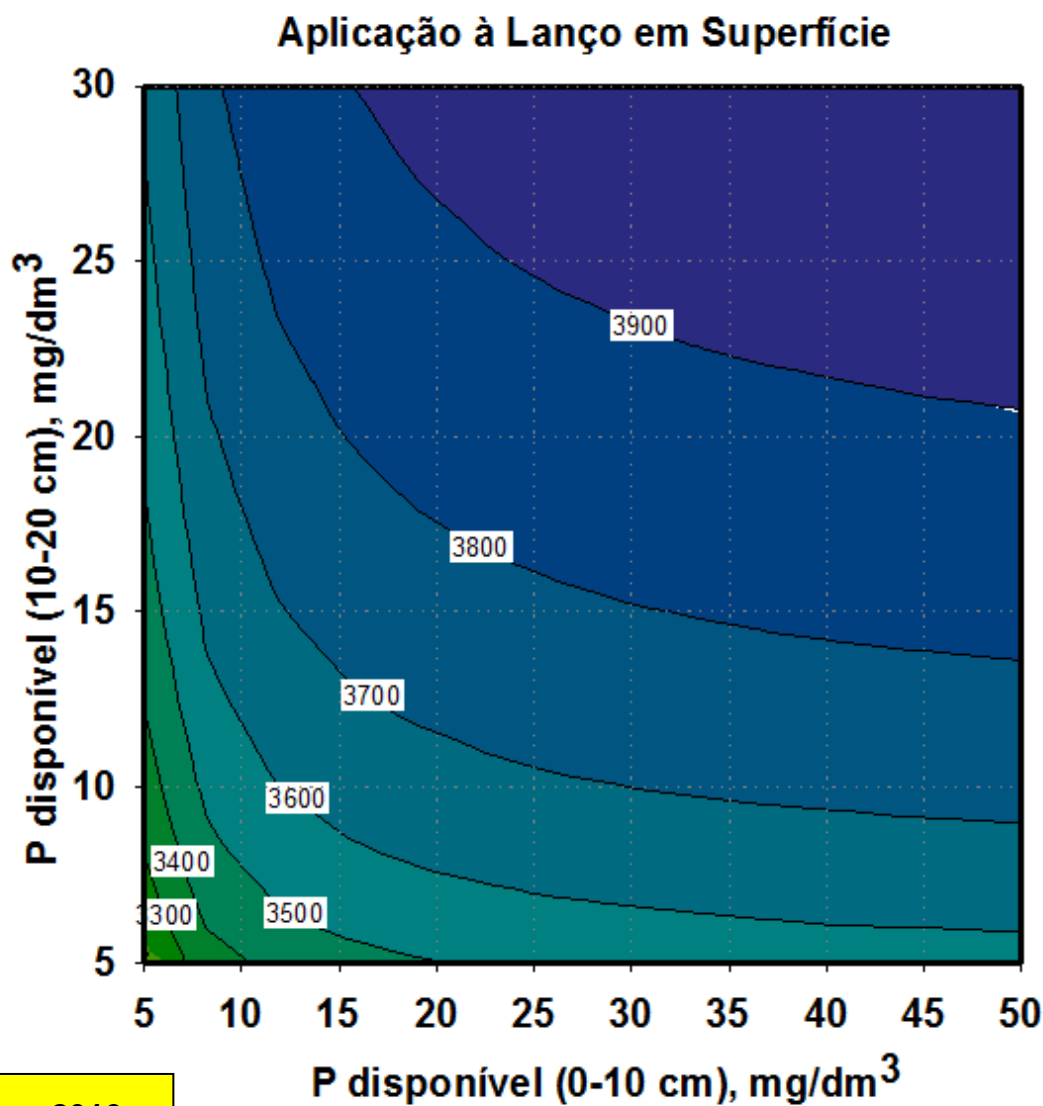
# Adubação fosfatada em superfície



Fonte: Fundacao MT (2014).



# Adubação fosfatada em superfície



Fonte: Oliveira Jr e Castro, 2016.

# Qualidade operacional de aplicação



2 10 2008



2 10 2008

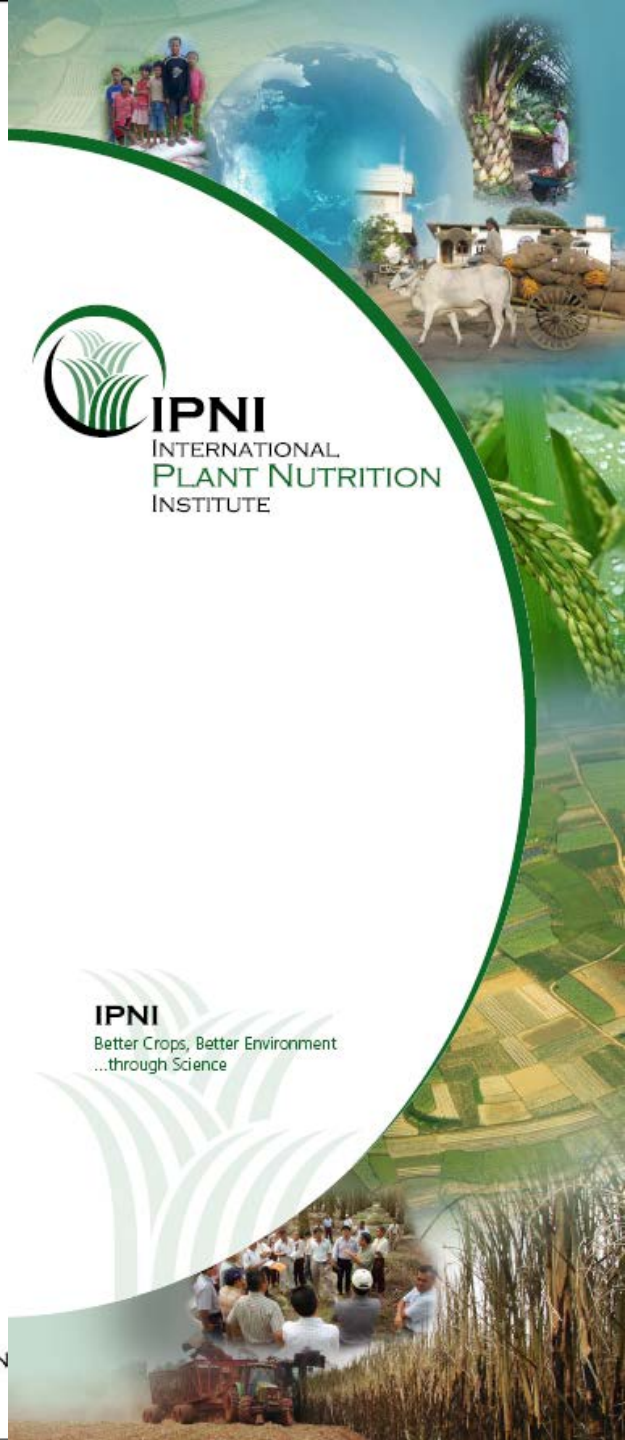


27 10 2008



27 10 2008

# Manejo eficiente de fertilizantes: *Efeitos indiretos do sistema*



**IPNI**  
Better Crops, Better Environment  
...through Science



# Os sistemas de produção estão cada vez mais complexos ...



16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO



# Falhas no sistema: *desafios a serem superados*



16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO



$$\text{Adubação} = (\text{planta} - \text{solo}) \times \mathbf{f}$$

Fator de perda:

- ✓ Fixação ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )
- ✓ Volatilização ( $\text{NH}_3$ )
- ✓ Erosão (NPKCaMgSBCuMnZn)
- ✓ Lixiviação (NKBS)

## Uso eficiente do fertilizante

- ✓ Práticas conservacionistas (plantio direto, plantio em nível, terraceamento, rotação de culturas);
- ✓ Fontes e parcelamento de nutrientes;
- ✓ Práticas corretivas (calagem, gessagem e fosfatagem)
- ✓ Uso correto da agricultura de precisão



## Efeito de diferentes coberturas vegetais para o milho

**Tabela 1.** Produtividade média de milho e eficiência de uso de N em função do tipo de cobertura de solo, na região sul de Mato Grosso

Cobertura	Produtividade de milho kg ha <sup>-1</sup>		Eficiência de uso de N kg kg <sup>-1</sup>	
Pousio	10.044	B	149,0	B
Milheto	11.450	A	170,8	A
Crotalária	11.846	A	177,2	A
C.V.(%)	6,6		9,9	
DMS <sub>Tukey</sub>	684		15,2	

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,1).

Fonte: Francisco et al. (2011).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE



# Manejo atual x eficiência da adubação

**Necessidade de repensar!!**  
**Facilidade**  
**X**  
**Perda de nutrientes**



O primeiro “nutriente” a ser perdido é a matéria orgânica, que não se compra, mas se maneja. Ela é que condiciona a eficiência de todos os processos do solo!!!!

# Manejo atual x eficiência da adubação



**Terraços?**



**Facilidades x  
Perdas de nutrientes**

# Manejo biológico do solo: estudo de caso



**Desenvolvimento da soja em solo arenoso (6% argila)  
após rotação com o consórcio de  
*B. ruziziensis* e *C. spectábilis*  
Jaciara - MT**



Safra 07/08 - Algodão



Safra 08/09 - Soja



Preparto do solo



Fonte: Fundação MT/PMA (Safra 09/10)

15 12 2007

22 12 2007

# Consórcio Braquiária+Crotalária



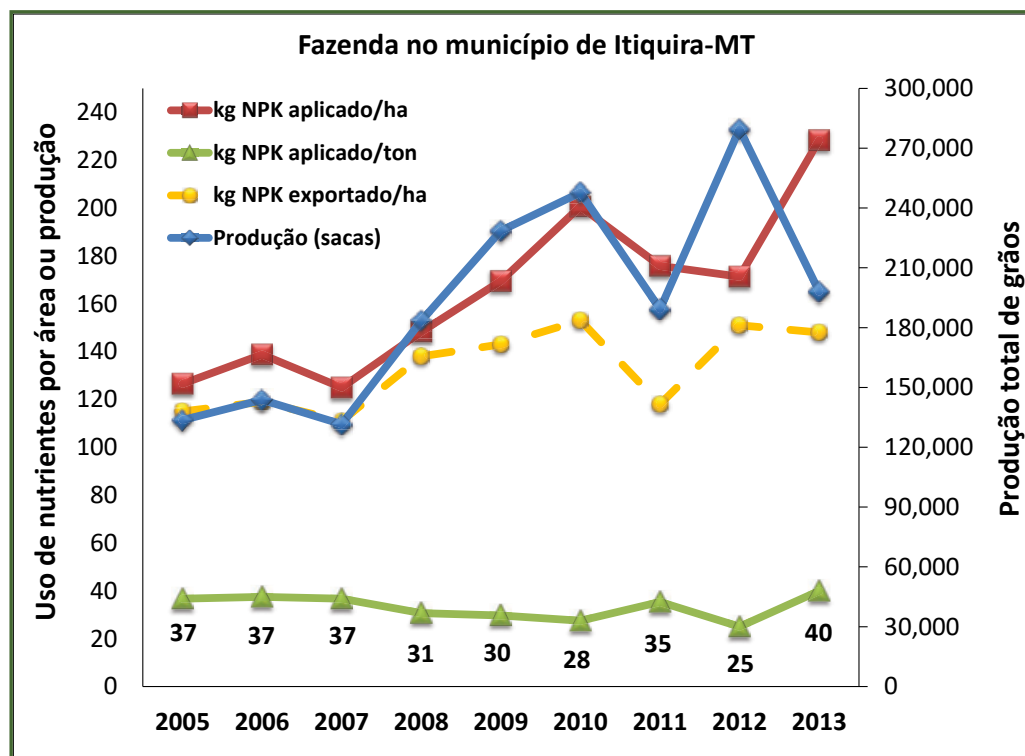
Fonte: Fundação MT/PMA (Safrá 09/10)

# Manejo biológico do solo: estudo de caso

**Mudança provocada:  
Manejo priorizando  
ativação biológica do solo!**



## Balço de nutrientes na propriedade: *eficiêcia de uso*



Parâmetro	Média
Produ�o total (sc)	192.859
NPK aplicado/ha	165
NPK aplicado/ton	33
NPK exportado/ha	133
Balço (NPKa - NPKe)	32

Fonte: Joel Hillesheim (2013)



**Obrigado!**



**IPNI**

INTERNATIONAL  
**PLANT NUTRITION**  
INSTITUTE

**Website:**

<http://brasil.ipni.net>

[efrancisco@ipni.net](mailto:efrancisco@ipni.net)

**Phone:**

55 (66) 99932-8848

55 (19) 98723-0699