

VIII Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

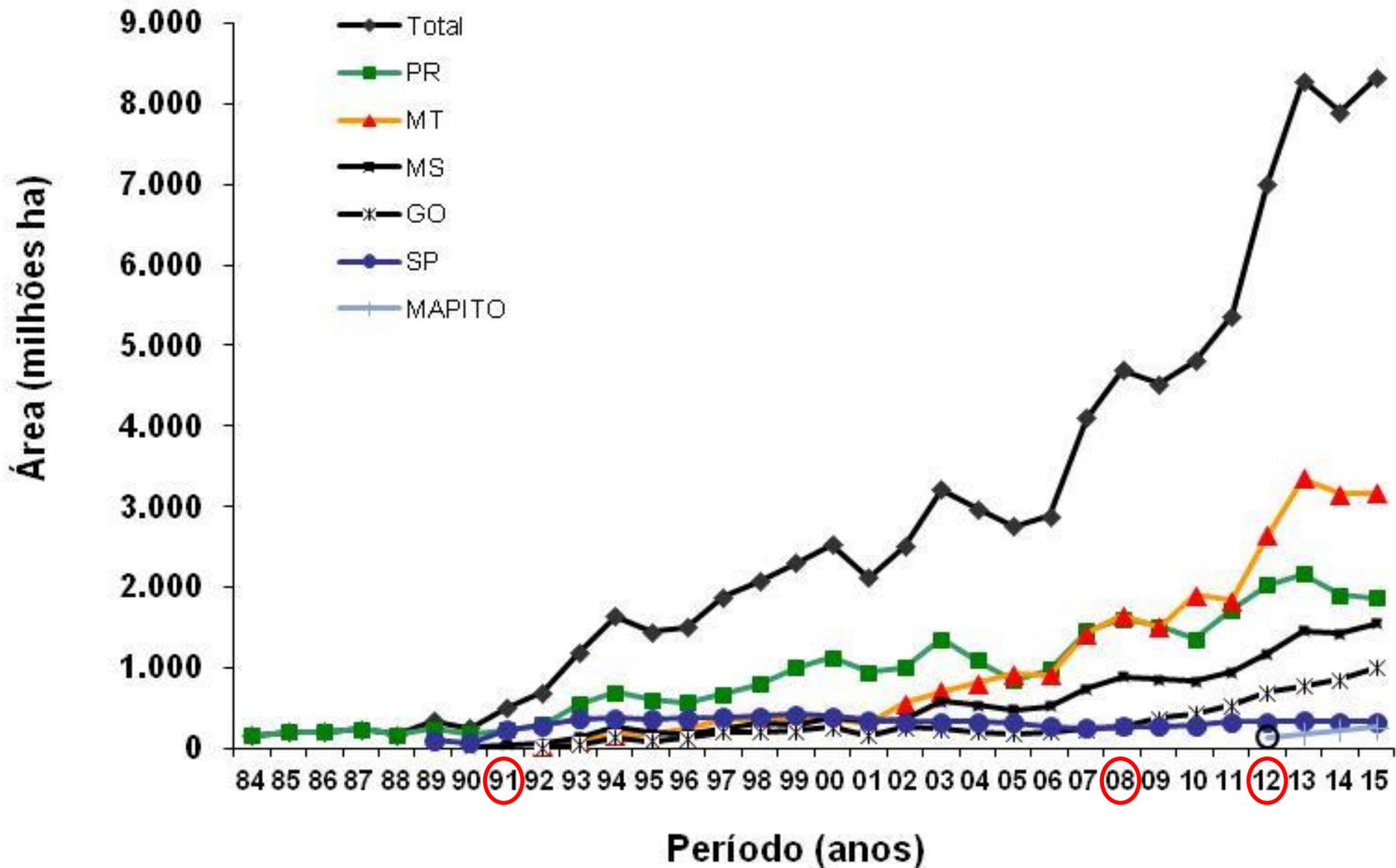
Vilhena - RO • 26 e 27/MAIO/2015

Boas Práticas do Uso de Fertilizantes na Cultura do MILHO

Aildson Pereira Duarte

Instituto Agronômico, Campinas (IAC)

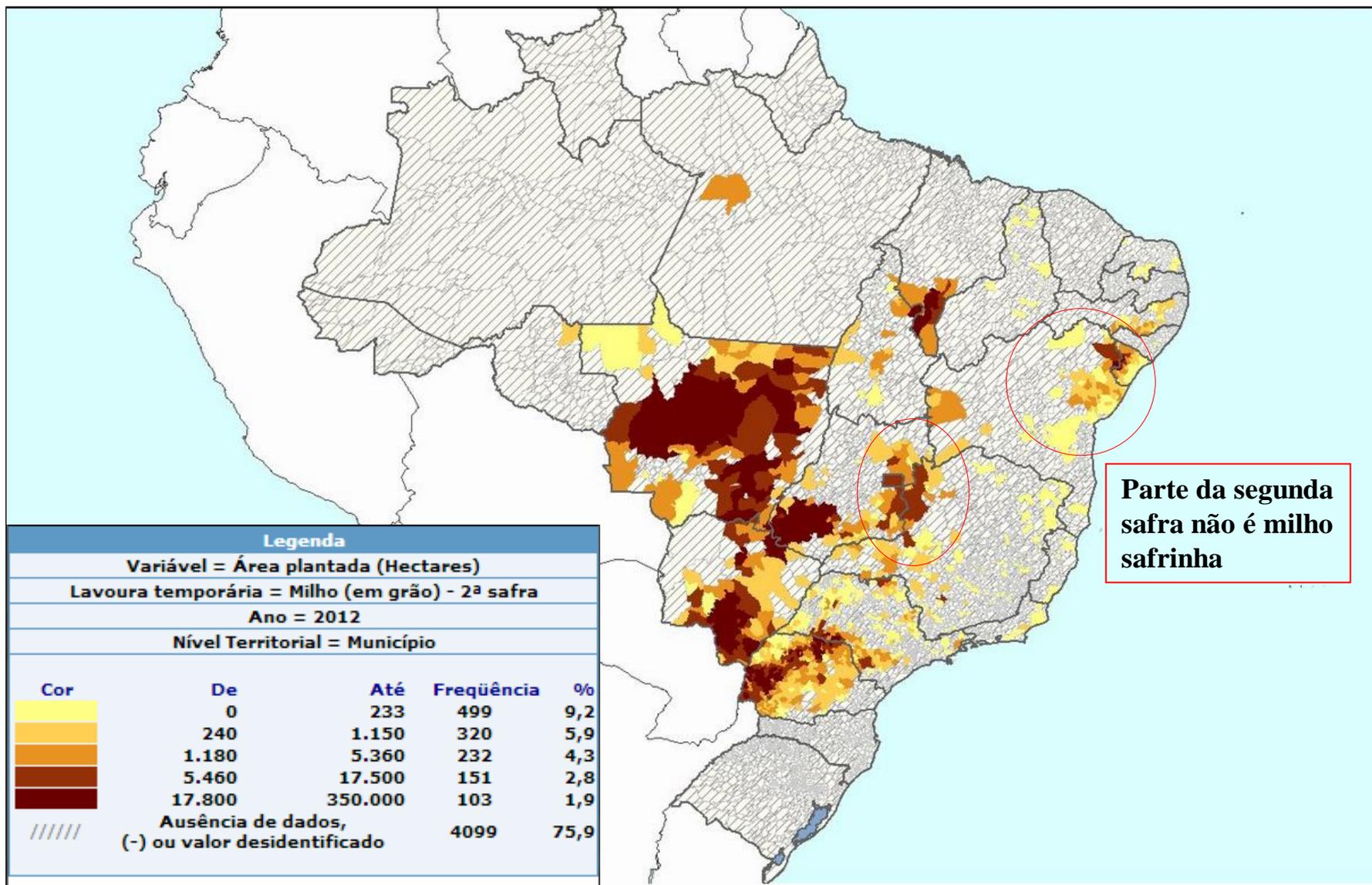
EVOLUÇÃO DA ÁREA DO MILHO SAFRINHA



FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

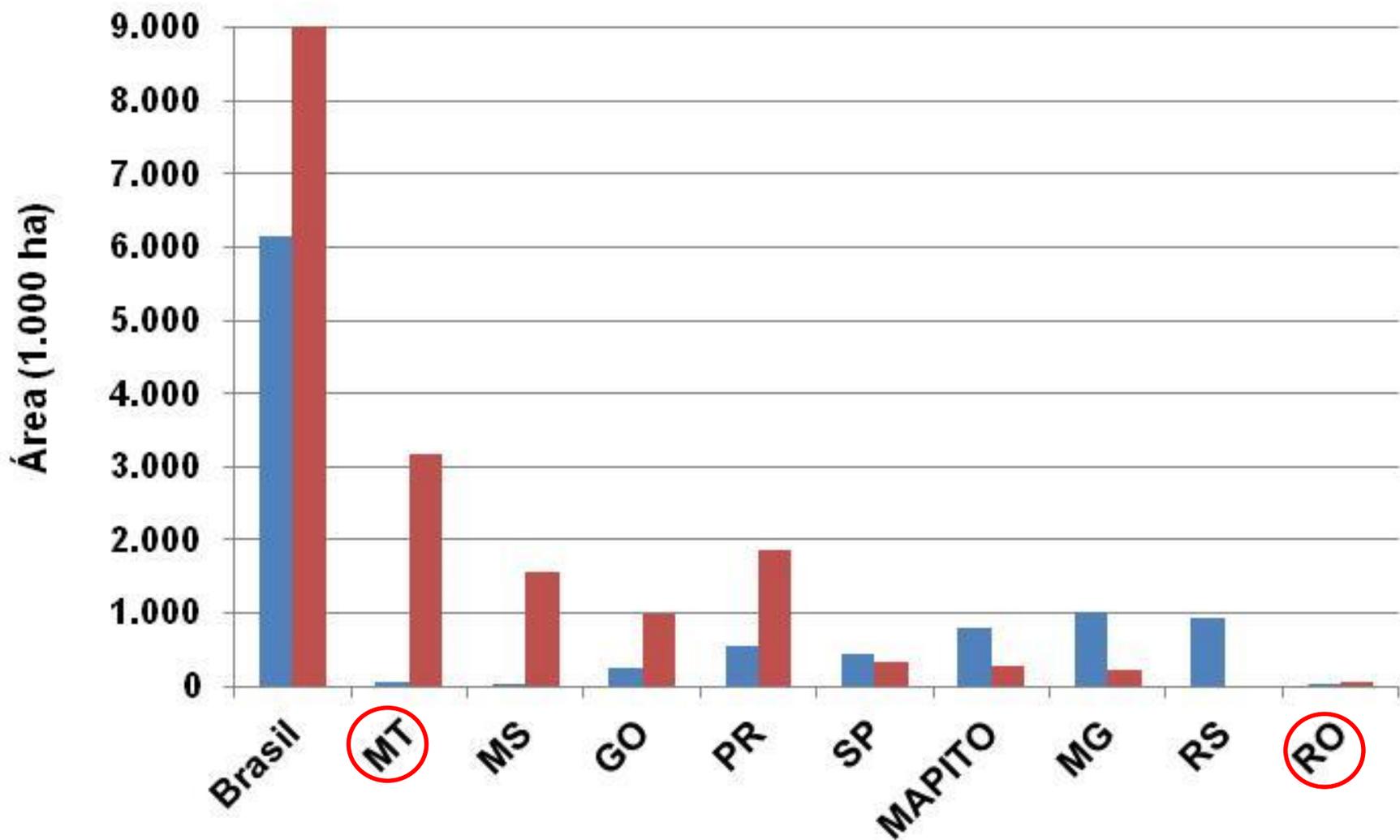


Área Milho Segunda Safra - Brasil 2012



ÁREA DE MILHO POR ESTADO - 2014/15

Milho "Verão" Milho Segunda Safra



Sucessão Soja e Milho Safrinha em “Sistema Plantio Direto”

Antecipar a semeadura é fundamental => pressa!

O MILHO SAFRINHA NÃO ENTRA EM TODAS AS ÁREAS DE SOJA:

- Impossibilidade de antecipar a semeadura
- Solos arenosos (retem pouca água)
- Solos com teores baixos de fósforo na camada 0-20 cm
- Necessidade de rotação de culturas





REALIDADE DA ADUBAÇÃO DO MILHO SAFRINHA

Abaixo do paralelo 22 = Goiás, Mato Grosso, parte do MS, MAPITO e Rondônia.

Predomina médias e grandes propriedades;

Espaçamento reduzido, adubação a lanço (2/3 das áreas) e nível muito variável de investimento;

Fósforo é aplicado apenas quando se faz a adubação no sulco de semeadura e, na maioria dos casos, o nitrogênio é em cobertura acompanhado ou não de potássio.

ADUBAÇÃO COM P E K e MICRONUTRIENTES

- **Crítérios:**

- **Análise do solo**

- **Manutenção da fertilidade**

- **Produtividade esperada: extração e exportação de nutrientes**

- **Características fenológicas da cultura**

- **Histórico do estado nutricional da cultura**

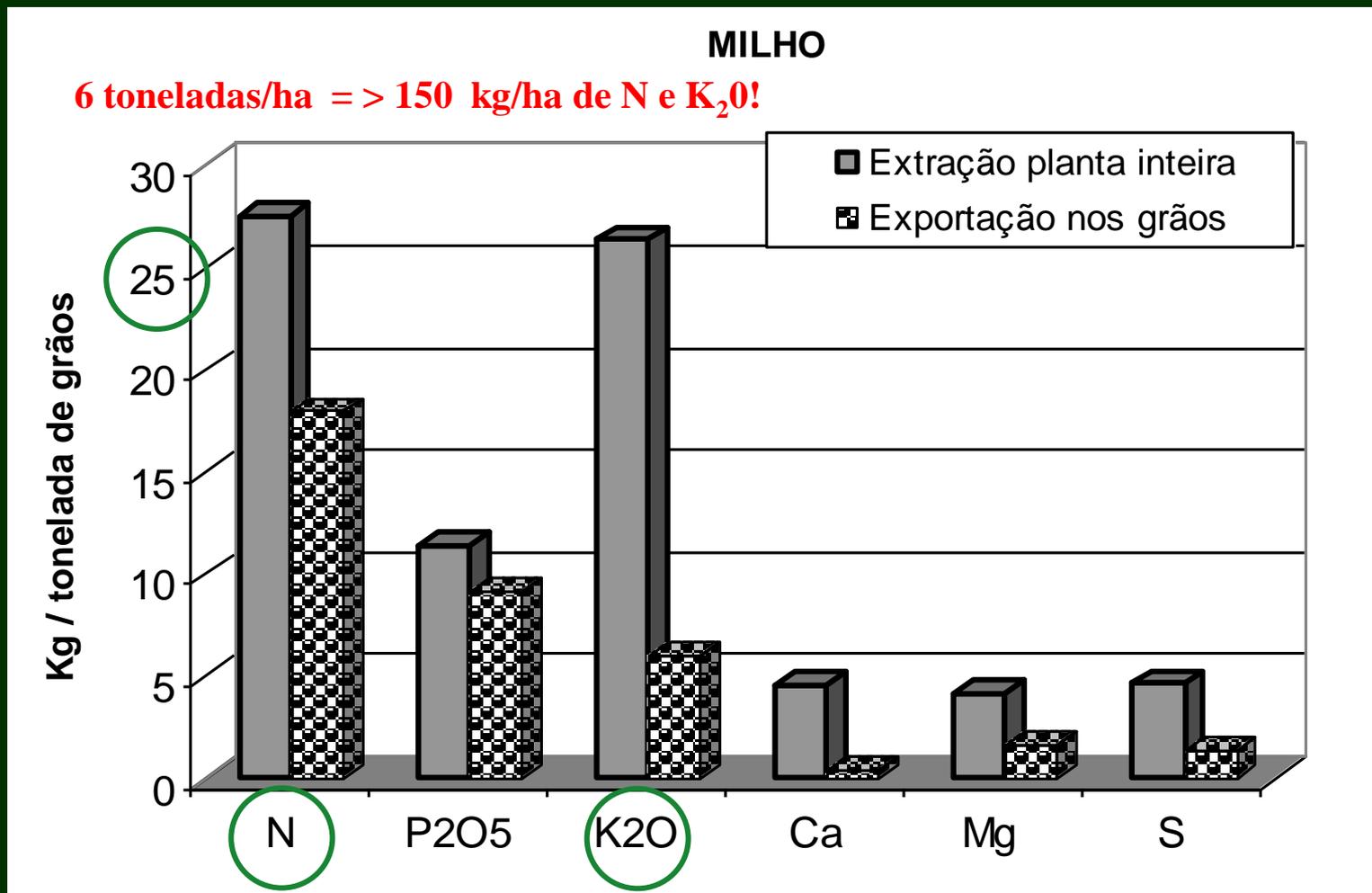
- **Aspectos econômicos (custo/benefício)**



Teor de cinzas nos grãos: 1,4 %

Índice de colheita safrinha: < 45%

Extração e Exportação de Nutrientes pelo Milho

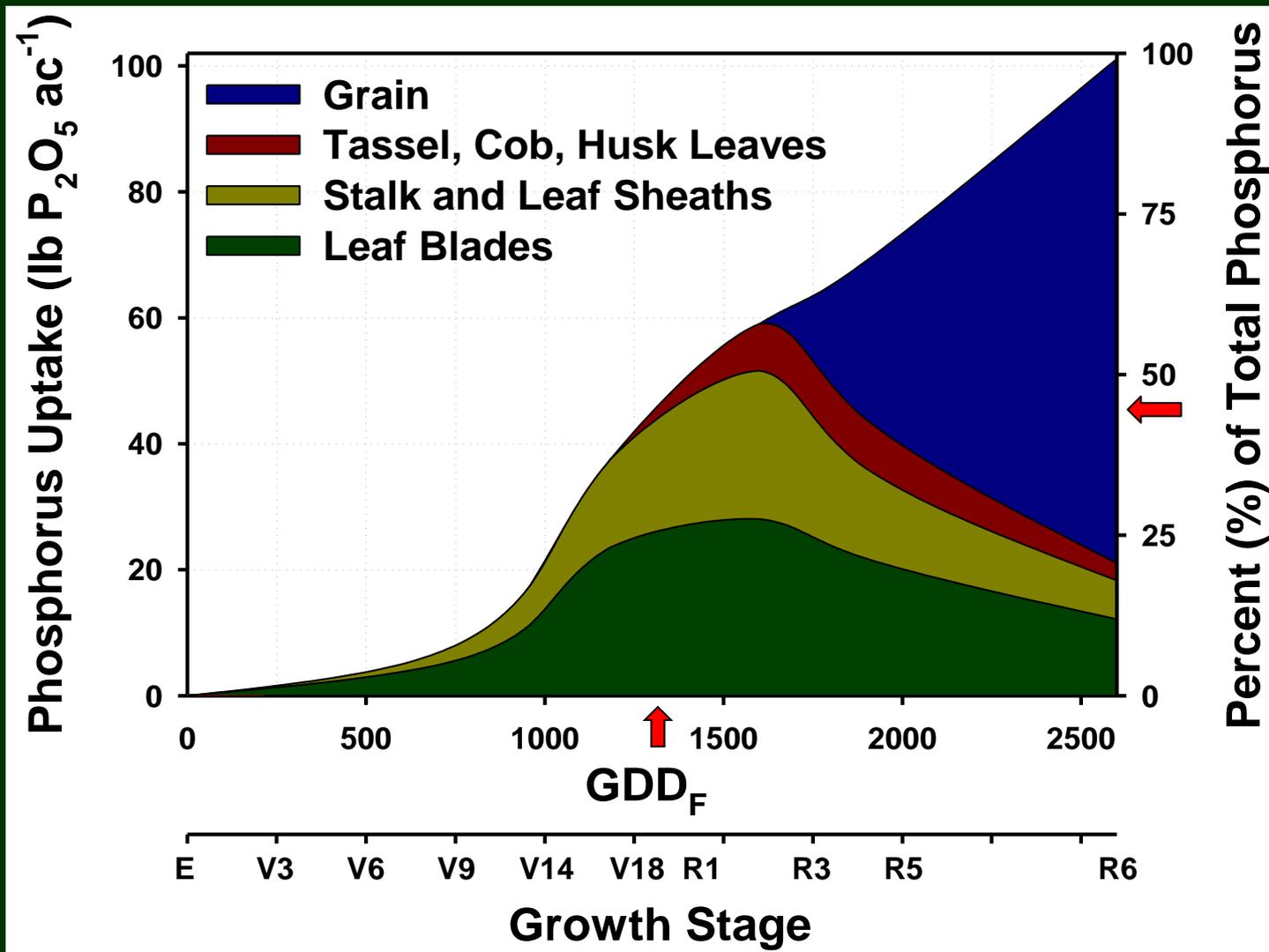


Extração e exportação de nutrientes pelo milho

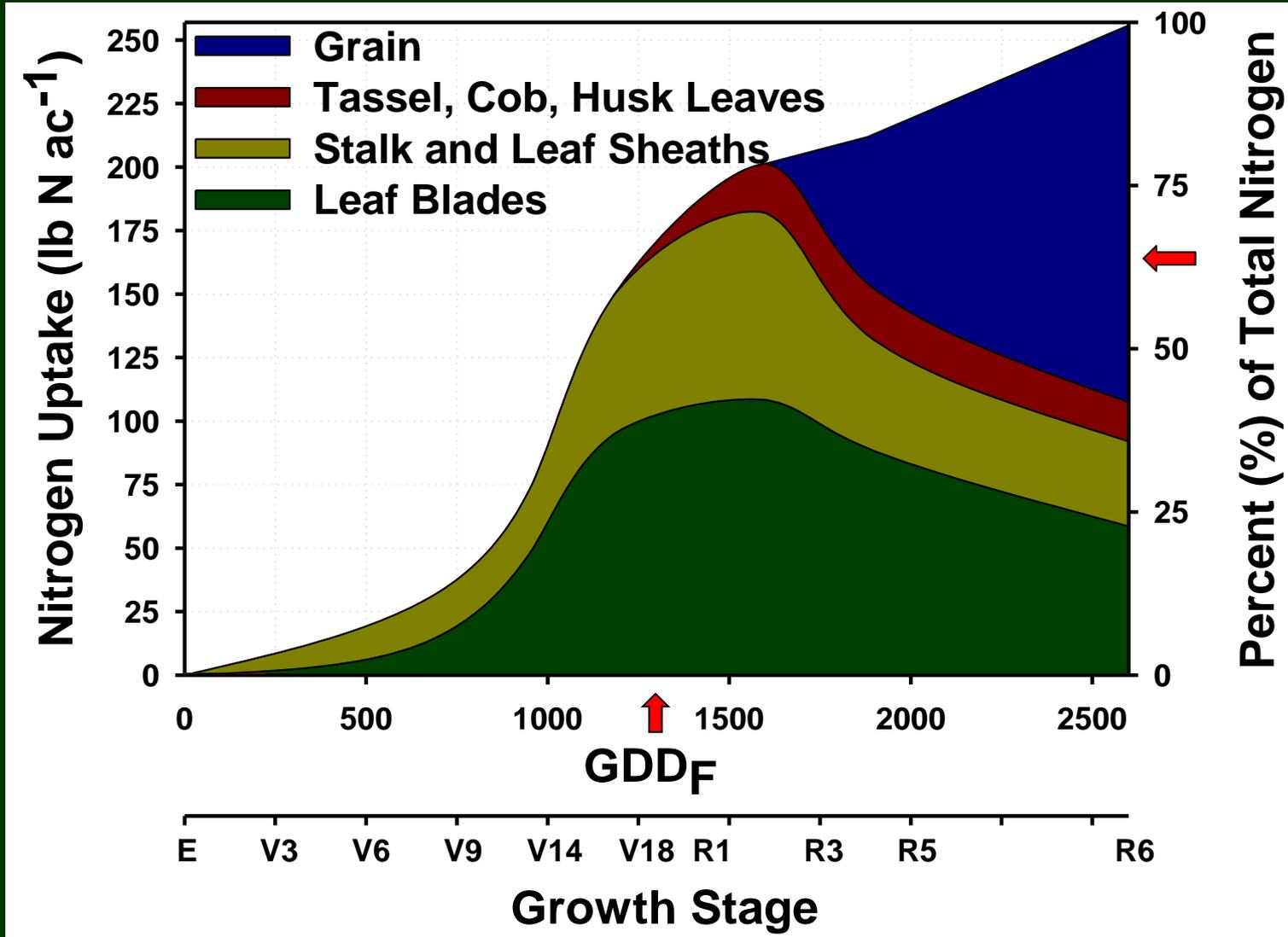
(Andrade et al., 1975a,b e Hiroce et al., 1989)

| | Extração | Exportação | Relativo |
|-----------|--------------------|-------------|-----------|
| | kg t ⁻¹ | | % total |
| N | 28,6 | 18,0 | 63 |
| P | 4,8 | 4,0 | 83 |
| K | 23,3 | 5,0 | 22 |
| Ca | 4,4 | 0,4 | 8 |
| Mg | 5,2 | 1,7 | 33 |
| S | 3,7 | 1,4 | 38 |
| | g t ⁻¹ | | |
| B | 18,2 | 3,1 | 17 |
| Cu | 7,3 | 1,1 | 15 |
| Zn | 46,5 | 25,1 | 54 |

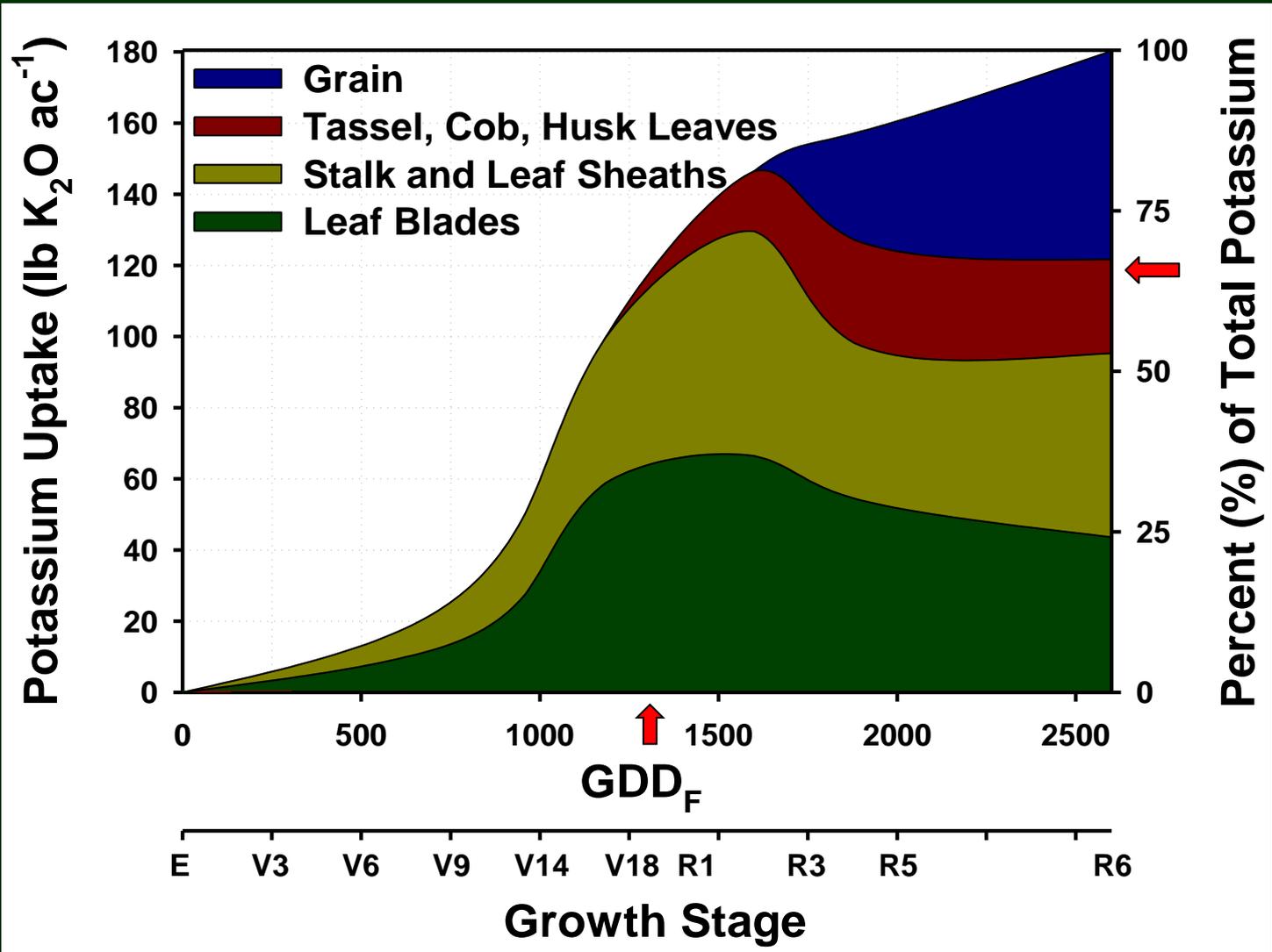
Acúmulo Relativo de Fósforo e sua Distribuição nas Diferentes Partes da Planta (Fonte: Bender et al. 2012)



Acúmulo Relativo de Nitrogênio e sua Distribuição nas Diferentes Partes da Planta (Fonte: Bender et al. 2012)



Acúmulo Relativo de Potássio e sua Distribuição nas Diferentes Partes da Planta (Fonte: Bender et al. 2012)



MATÉRIA SECA E NUTRIENTES - ACÚMULO RELATIVO

MT = 2 meses

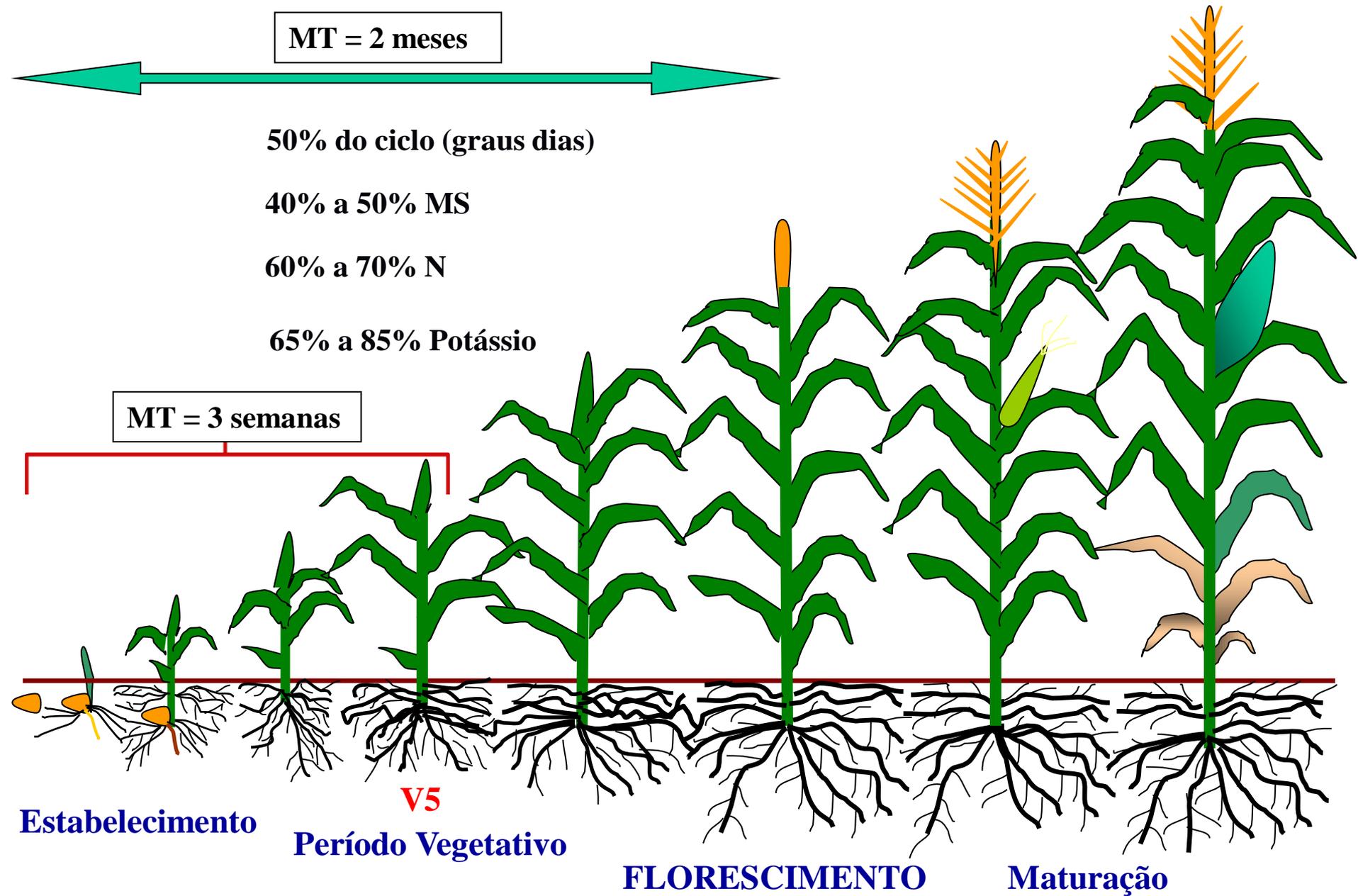
50% do ciclo (graus dias)

40% a 50% MS

60% a 70% N

65% a 85% Potássio

MT = 3 semanas



Estabelecimento

V5

Período Vegetativo

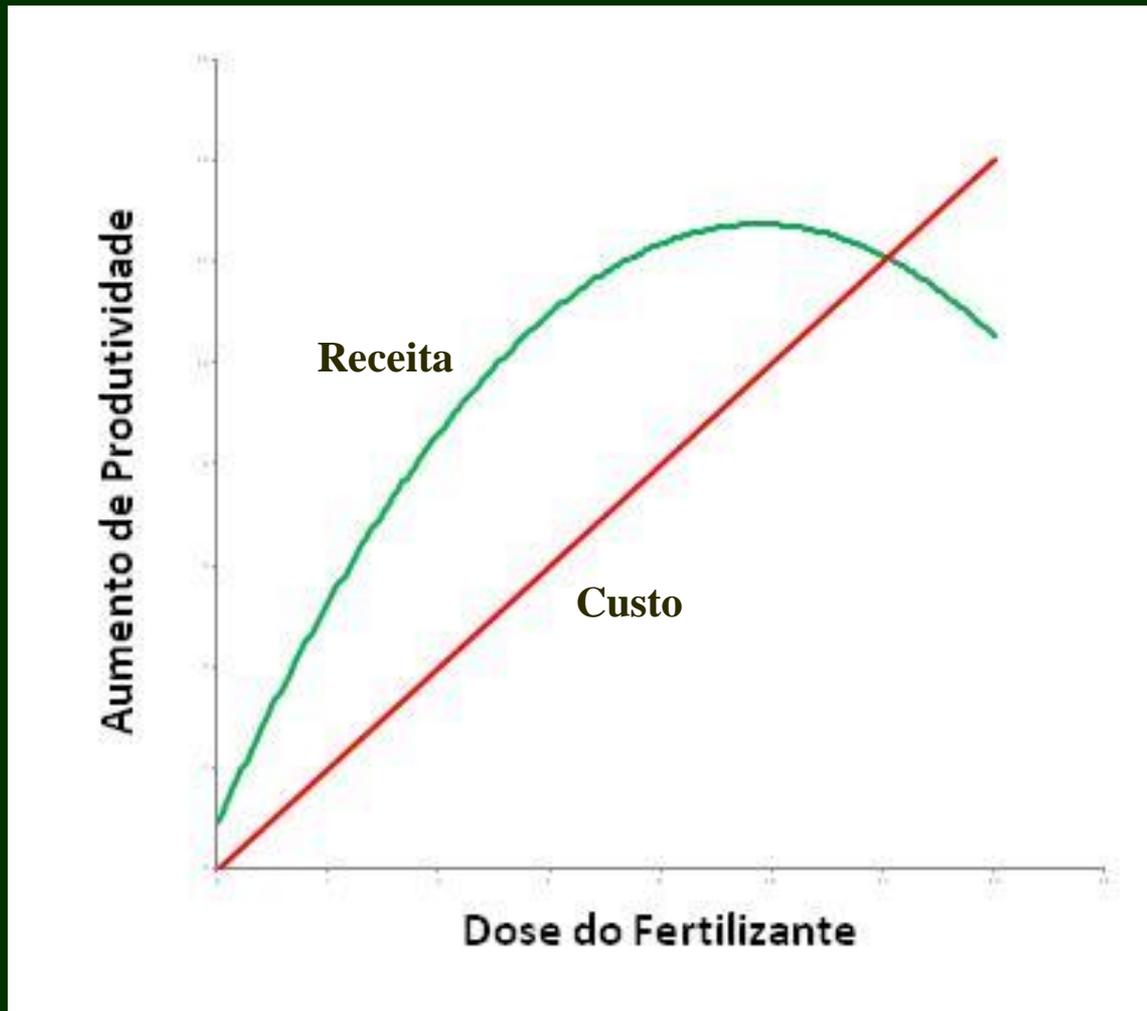
FLORESCIMENTO

Maturação

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DO SOLO

- Teores muito baixo ou baixo: certeza de resposta à adubação
- Teores médios: resposta pequena
- Teores altos: pouca chance de resposta
- Teores muito altos: pode haver decréscimo de produção

Aumento de Produtividade x Custo do Fertilizante



RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

Preço do Milho, sc.

R\$ 18,00

14,00

Kg de milho / kg do nutriente

| NUTRIENTE | RELAÇÃO DE TROCA | |
|----------------------|------------------|------|
| Nitrogênio | 9,9 | 12,8 |
| Fósforo (P_2O_5) | 10,5 | 13,5 |
| Potássio (K_2O) | 7,7 | 9,9 |

ADUBAÇÃO FOSFATADA

- **Alto efeito residual**
- **Exportações “médias” pelo milho**
- **No sulco ou a lanço: fontes solúveis em água**
- **A lanço incorporada: várias outras possibilidades de adubos de baixa solubilidade**

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO PARA FÓSFORO

| Classe | São Paulo | Paraná ⁽¹⁾ |
|-------------|---------------------------------|-----------------------|
| | P resina | P Mehlich 1 |
| | mg dm ⁻³ | |
| Muito Baixo | < 6 | |
| Baixo | 7 – 15 | < 3,0 |
| Médio | 16 – 40 | 3,0 a 6,0 |
| Alto | 41 – 80 | > 6,0 |
| Muito Alto | > 80 | |

(1) Teor de argila > 40%

INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DE SOLO PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA - CERRADOS

| Teor de Argila (Ta) (%) | Teor de Fósforo (mg dm^{-3}) | | | |
|----------------------------|---|------------|-------------|--------|
| | Muito baixo | Baixo | Médio | Alto |
| > 60 | Até 1,0 | 1,0 a 2,0 | 2,0 a 3,0 | > 3,0 |
| 40 < Ta < 60 | Até 3,0 | 3,0 a 6,0 | 6,0 a 8,0 | > 8,0 |
| 20 < Ta < 40 | Até 5,0 | 5,0 a 10,0 | 10,0 a 14,0 | > 14,0 |
| < 20 | Até 6,0 | 6,0 a 12,0 | 12,0 a 18,0 | > 18,0 |

Fonte: CPAC/Embrapa (1997)

Recomendação de adubação com P na semeadura do milho

| Produtividade Esperada | Teor de P no solo | | | |
|------------------------|-------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | muito baixo | baixo | médio | alto |
| t/ha | ----- | kg/ha | P ₂ O ₅ | ----- |
| 4-6 | 80 | 60 | 40 | 30 |
| 6-8 | 100 | 80 | 50 | 40 |
| 8-10 | (1) | 90 | 70 | 60 |
| 10-12 | (1) | 110 | 90 | 70 |
| 12-14 | (1) | 120 | 100 | 80 |

(1) Improvável altas produções com teores muito baixos de P no solo

Recomendação de adubação com P na semeadura do milho safrinha

| Produtividade Esperada | Teor de P no solo | | | |
|------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------|------|
| | muito baixo | baixo | médio | alto |
| t/ha | ----- | kg/ha P ₂ O ₅ | ----- | |
| < 4 | (1) | 40 | 30 | 20 |
| 4-6 | (1) | 50 | 40 | 30 |
| 6-8 | (1) | 70 | 50 | 40 |

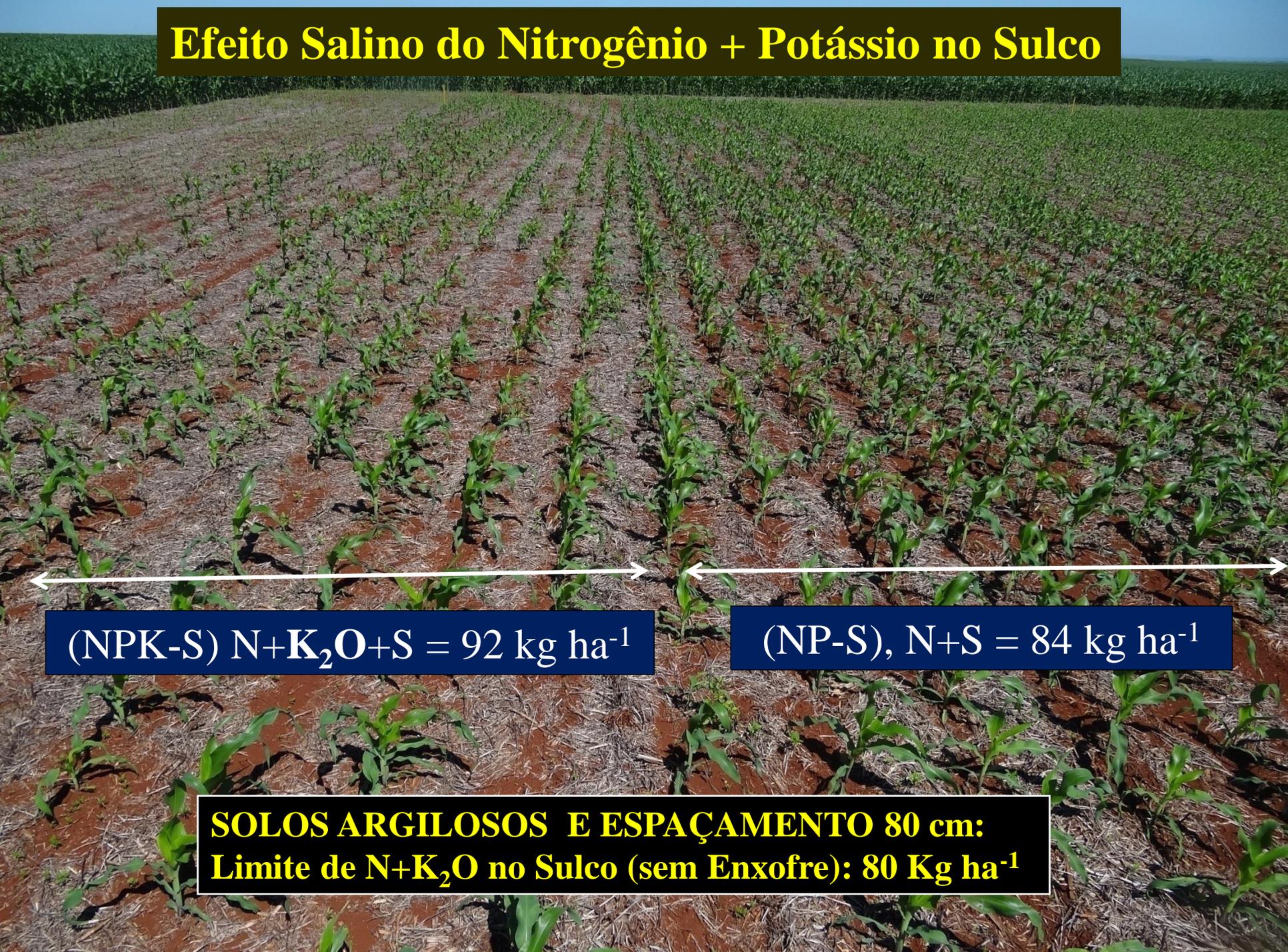
(1) Improvável altas produções com teores muito baixos de P no solo

Comparado ao mesmo potencial produtivo do milho verão, não reduzir o fósforo no milho safrinha!

ADUBAÇÃO POTÁSSICA

- Alta demanda para produção vegetal
- Exportação baixa pelo milho
- Várias opções de manejo:
 - Lanço, em área total
 - Cobertura (cedo)
 - Sulco de plantio (evitar doses elevadas)

Efeito Salino do Nitrogênio + Potássio no Sulco



(NPK-S) $N+K_2O+S = 92 \text{ kg ha}^{-1}$

(NP-S), $N+S = 84 \text{ kg ha}^{-1}$

**SOLOS ARGILOSOS E ESPAÇAMENTO 80 cm:
Limite de $N+K_2O$ no Sulco (sem Enxofre): 80 Kg ha^{-1}**

Cobertura com K em milho

- O milho absorve a maior parte do K no início do ciclo e K tem mobilidade restrita no solo, especialmente nos arenosos =>

APLICAÇÕES TARDIAS SÃO POUCO EFICIENTES

- Distribuição irregular de N e K em fórmulas 20-00-20 aplicadas a lanço => a inclusão do K pode comprometer o aproveitamento do N

INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DE SOLO PARA POTÁSSIO PARA RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO (0-20 cm)

| Estado/Região | | K ⁺ trocável no solo | | | | |
|---------------|--|--|------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|
| | | Muito baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito Alto |
| | | Estrator Resina (mmol _c dm ⁻³) | | | | |
| SP | | < 0,7 | 0,7 a 1,5 | 1,5 a 3,0 | 3,0 a 6,0 | > 6,0 |
| | | Estrator Mehlich 1 (cmol _c dm ⁻³) | | | | |
| PR | > 40% argila | 0,1 | 0,1 a 0,2 | 0,2 a 0,3 | > 0,3 | |
| | | Estrator Mehlich 1 (cmol _c dm ⁻³ ; mg dm ⁻³) | | | | |
| Cerrados | CTC > 40 mmol _c dm ⁻³ (ou > 20% argila) | | < 0,06 < 25 | 0,06 a 0,13 25 a 50 | 0,13 a 0,21 50 a <u>80</u> | > 0,21 > 80 |
| | | Estrator Mehlich 1 (cmol _c dm ⁻³ ; mg dm ⁻³) | | | | |
| MG | | < 0,04 < 15 | 0,04 a 0,10 15 a 40 | 0,10 a 0,18 40 a 70 | 0,18 a 0,31 70 a <u>120</u> | > 0,31 > 120 |

Recomendação de adubação potássica para o milho

| Rendimento esperado | Teor de K no solo | | | |
|---------------------|--|-------|-------|------|
| | m. baixo | baixo | médio | alto |
| t/ha | ----- kg/ha K ₂ O (1) ----- | | | |
| 4-6 | 70 | 60 | 40 | 30 |
| 6-8 | 100 | 80 | 50 | 40 |
| 8-10 | 110 | 90 | 70 | 50 |
| 10-12 | | 100 | 80 | 60 |
| 12-14 | | 110 | 90 | 70 |

Evitar excesso de sais: aplicar até 50 kg/ha de K₂O no sulco de semeadura e o restante com o primeiro parcelamento de N. Solos com teores de K muito baixos ou para cobertura ≥ 80 kg/ha de K₂O, pode-se aplicar todo ou parte do K em pré-plantio, a lanço

Fonte: Atualizado a partir de Raij & Cantarella, 1997

Recomendação de adubação potássica para o milho safrinha

| Rendimento esperado | Teor de K no solo | | | |
|---------------------|--|-------|-------|------|
| | m. baixo | baixo | médio | alto |
| t/ha | ----- kg/ha K ₂ O (1) ----- | | | |
| < 4 | 50 | 40 | 20 | 0 |
| 4-6 | 60 | 50 | 30 | 20 |
| 6-8 | nr | 60 | 40 | 30 |

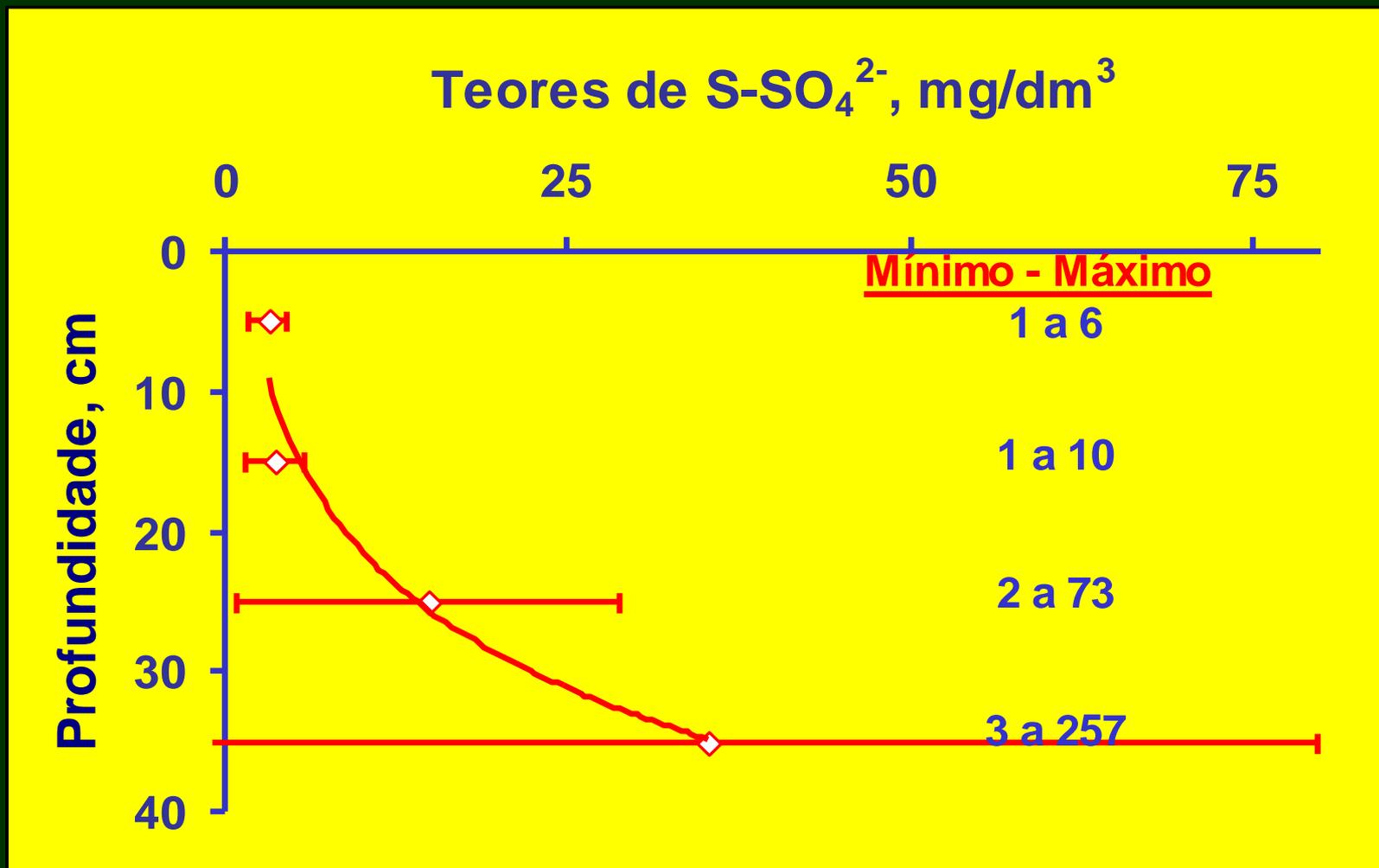
Evitar excesso de sais: aplicar até 50 kg/ha de K₂O ou 80 kg/ha de N + K₂O no sulco de semeadura

Menos K no milho safrinha em comparação ao milho verão!

Enxofre

- **Elemento negligenciado**
- **Acúmulo no subsolo**
- **Várias possibilidades**
 - Sulfato de amônio
 - Superfosfato simples
 - Fertilizantes NPK+S ou NP/S
 - Gesso

Freqüência de ocorrência de S em solos do Médio Paranapanema (SP) - 1999



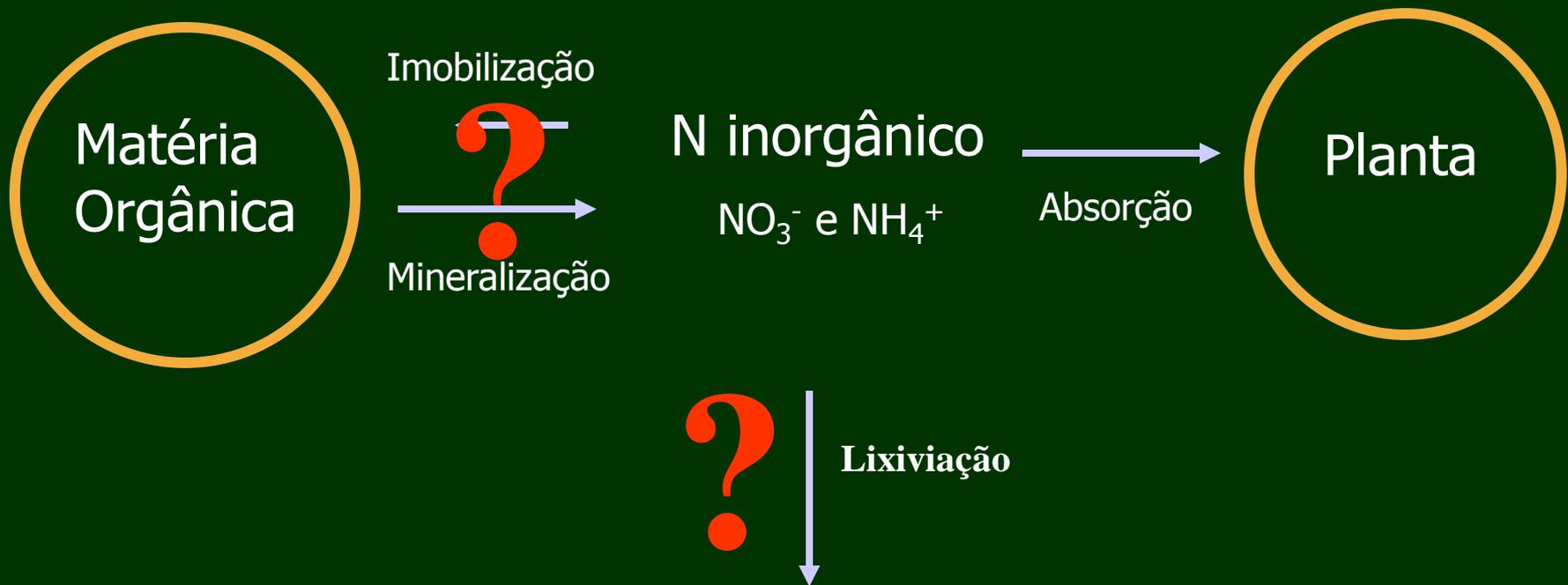
Nível crítico de S = $5 mg dm^{-3}$

Cantarella & Duarte, 1999

Bases para a adubação nitrogenada

- Análise de solo não é bom indicador

Teor de Matéria Orgânica no Solo e Disponibilidade de Nitrogênio



MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

$\text{C/N}=1:12$; $\text{N mineral} = \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^- = 5 \text{ mg/kg} \times 40 \text{ cm} = 24 \text{ kg/ha}$

Bases para a adubação nitrogenada

Levar em conta:

➤ Histórico de uso da área

➤ Produtividade esperada
Extração/exportação

Produtividade esperada não é a desejada!

➤ Experimentos de campo

Condições ambientais de cada região

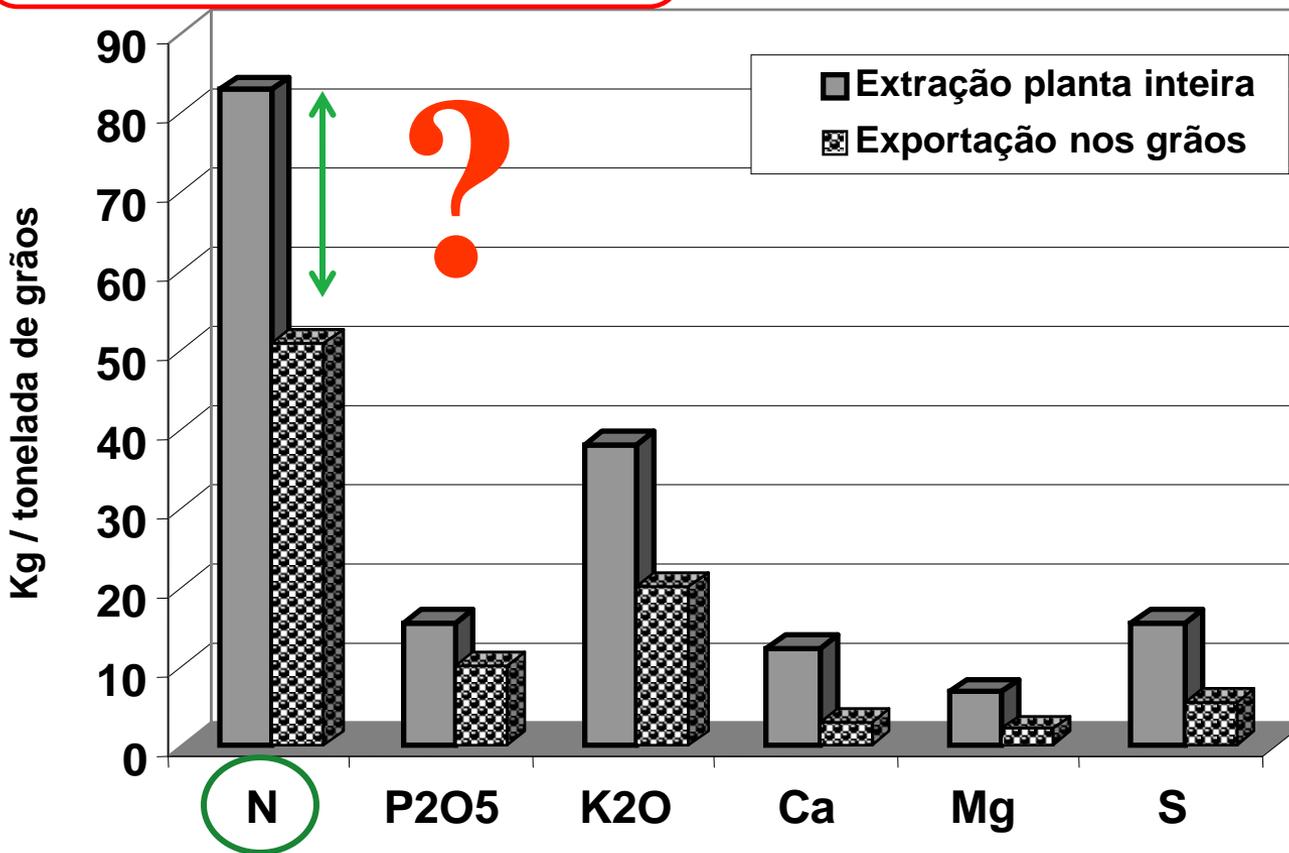


Extração e Exportação de Nutrientes pela Soja

Oliveira Junior (2010) e Alves et al. (2006)

**SALDO DE APENAS 15 KG DE N
POR TONELADA DE SOJA**

SOJA

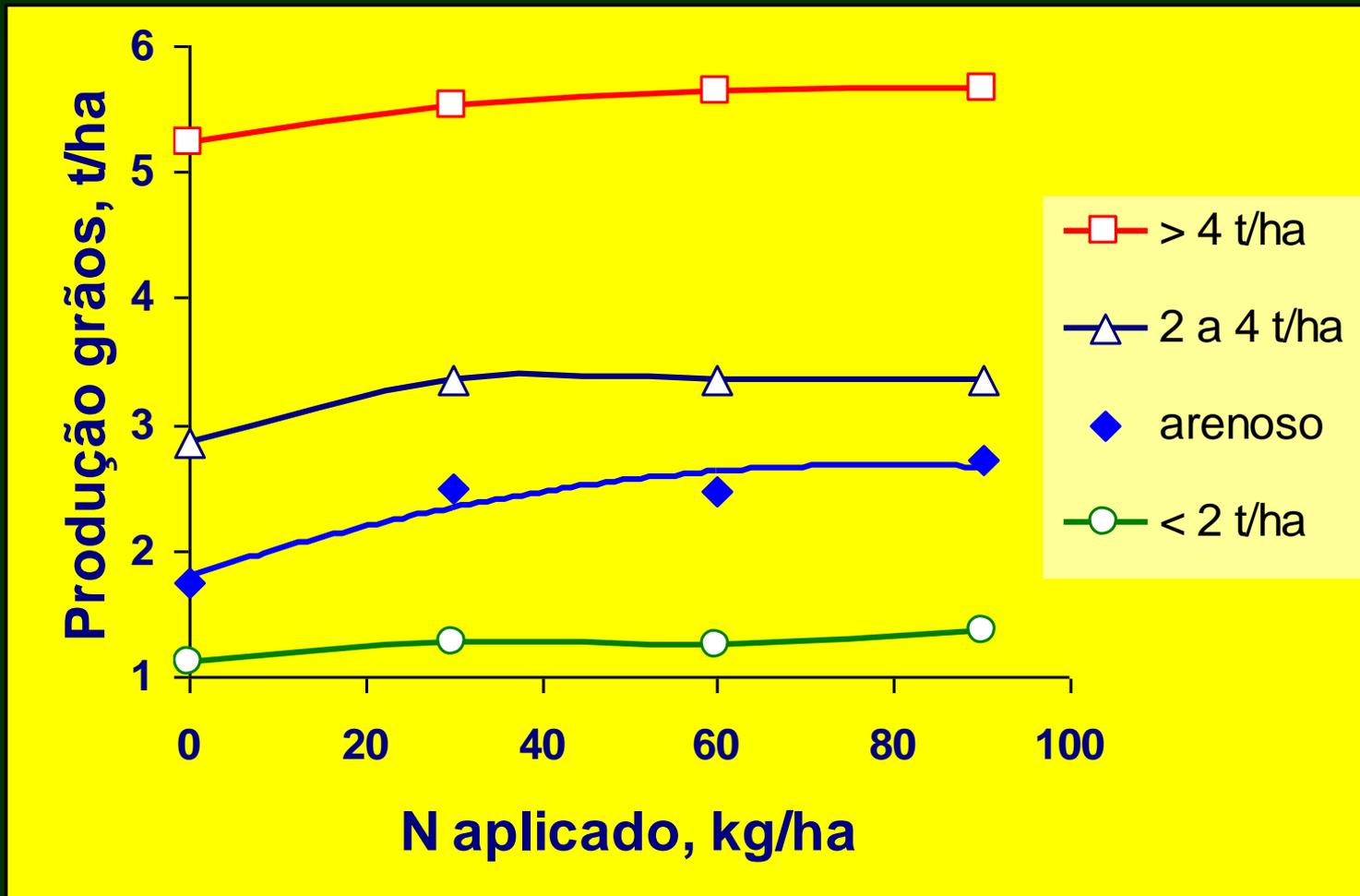


**Soja deixa próximo de 15 kg de N por tonelada de grãos:
Crédito de N = 3,6 t ha⁻¹ x 15 = 54 kg ha⁻¹**



Resposta de milho safrinha a N

Primeiros Resultados de Pesquisa, IAC, 1993 e 1994



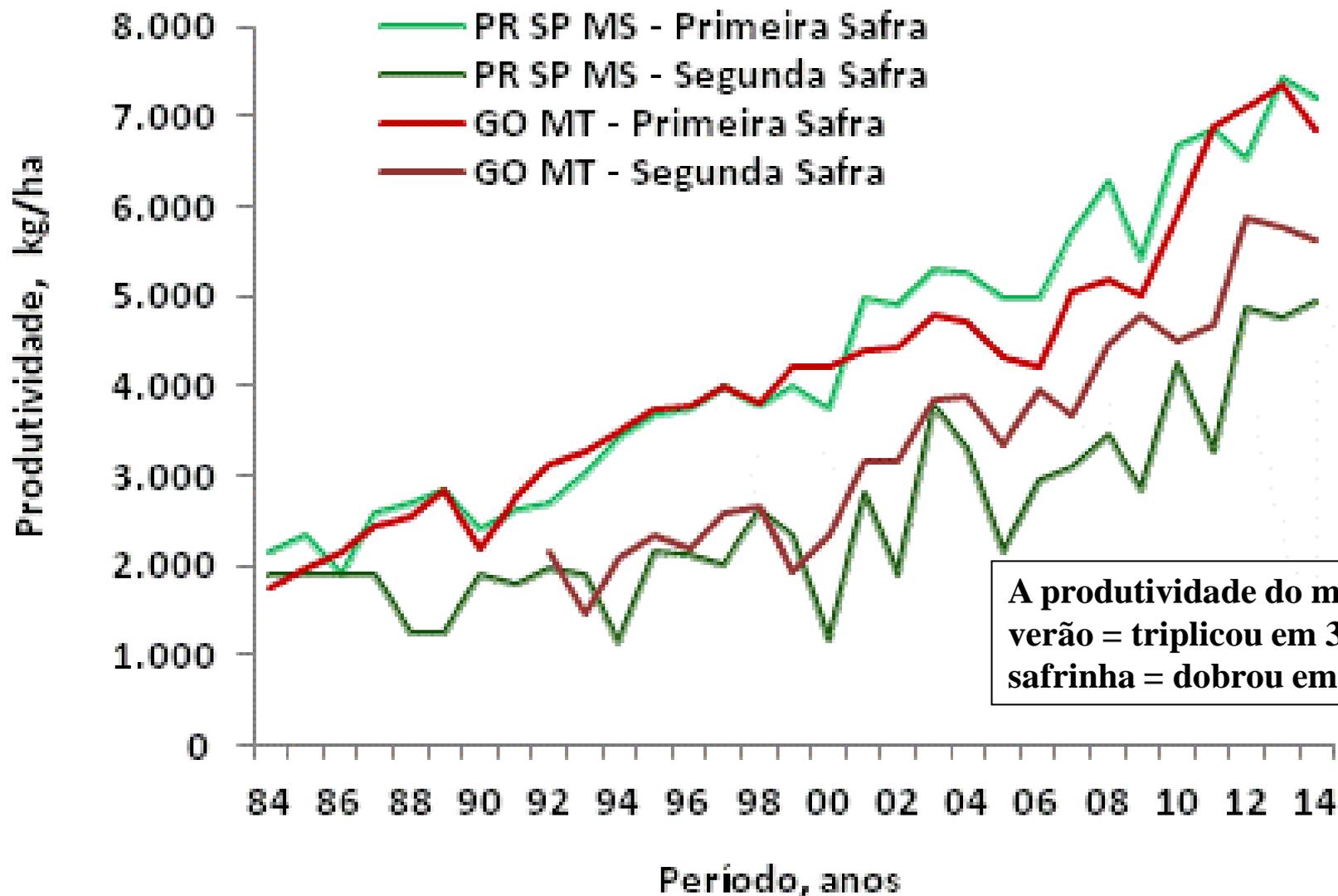
Milho Safrinha – Resposta ao NPK na Semeadura



**Faixa sem NPK
na semeadura**

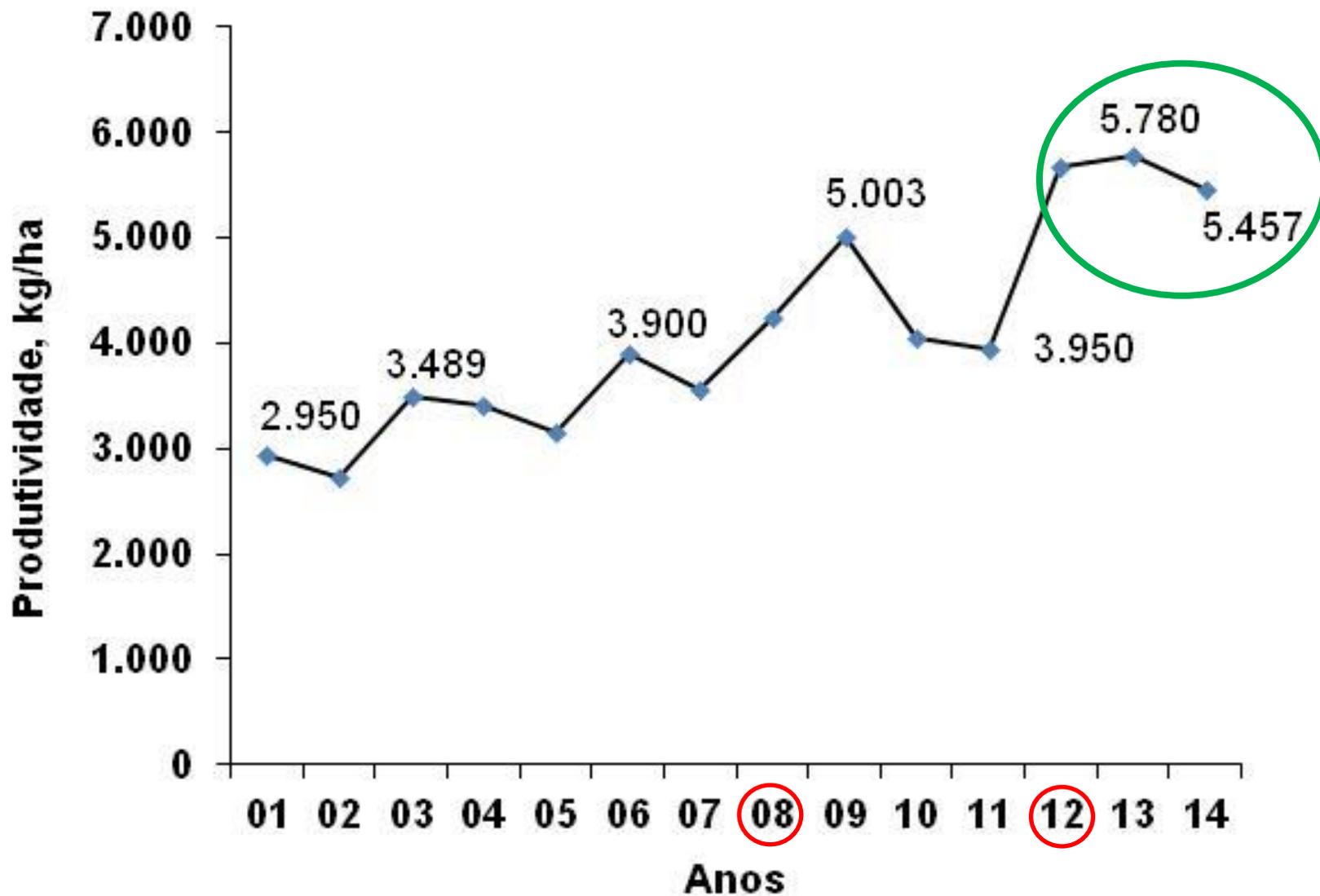
PRODUTIVIDADE DE MILHO NO BRASIL POR REGIÃO E ÉPOCA

Fonte: CONAB

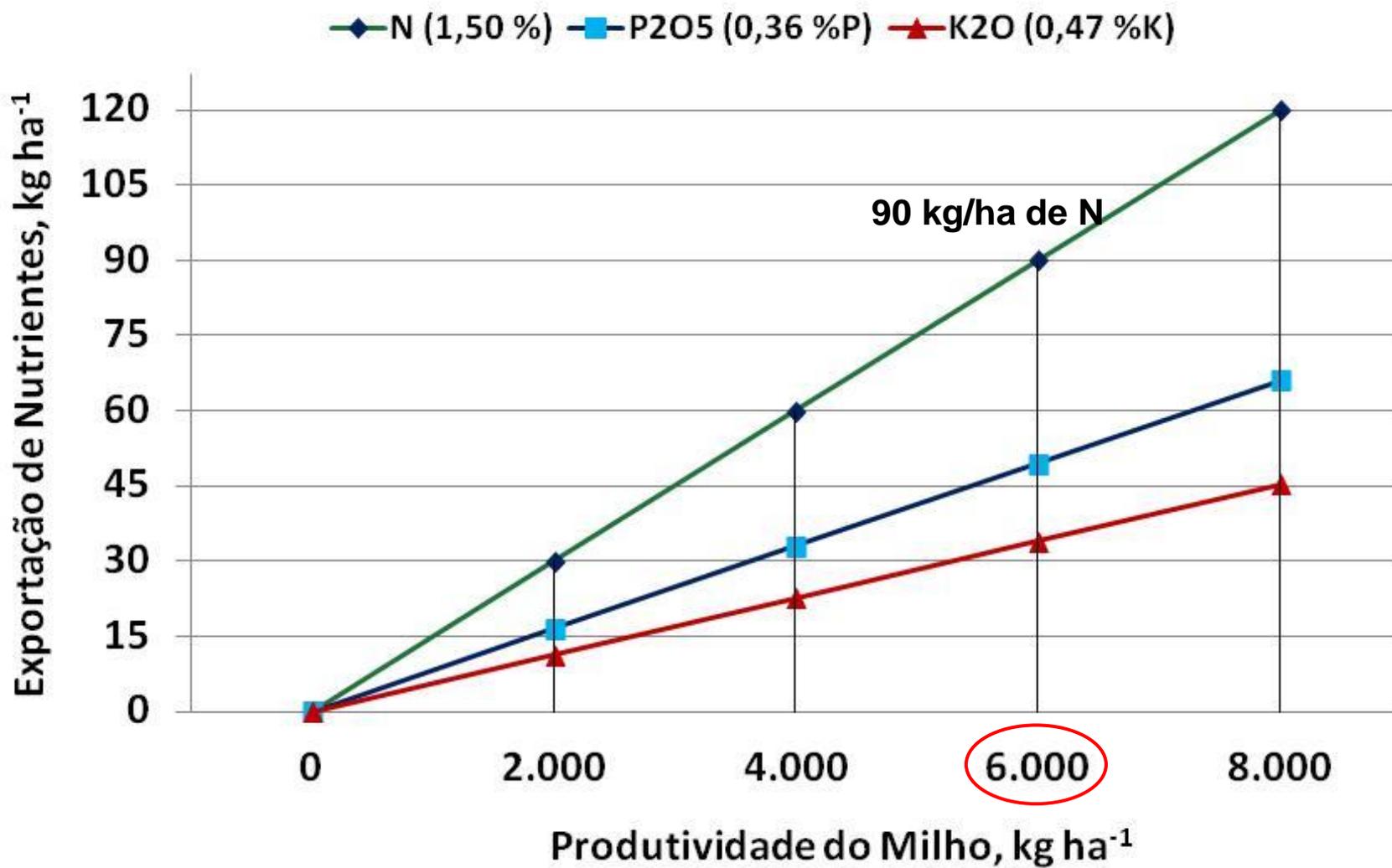


PRODUTIVIDADE DE MILHO SAFRINHA EM MATO GROSSO

Fonte: CONAB

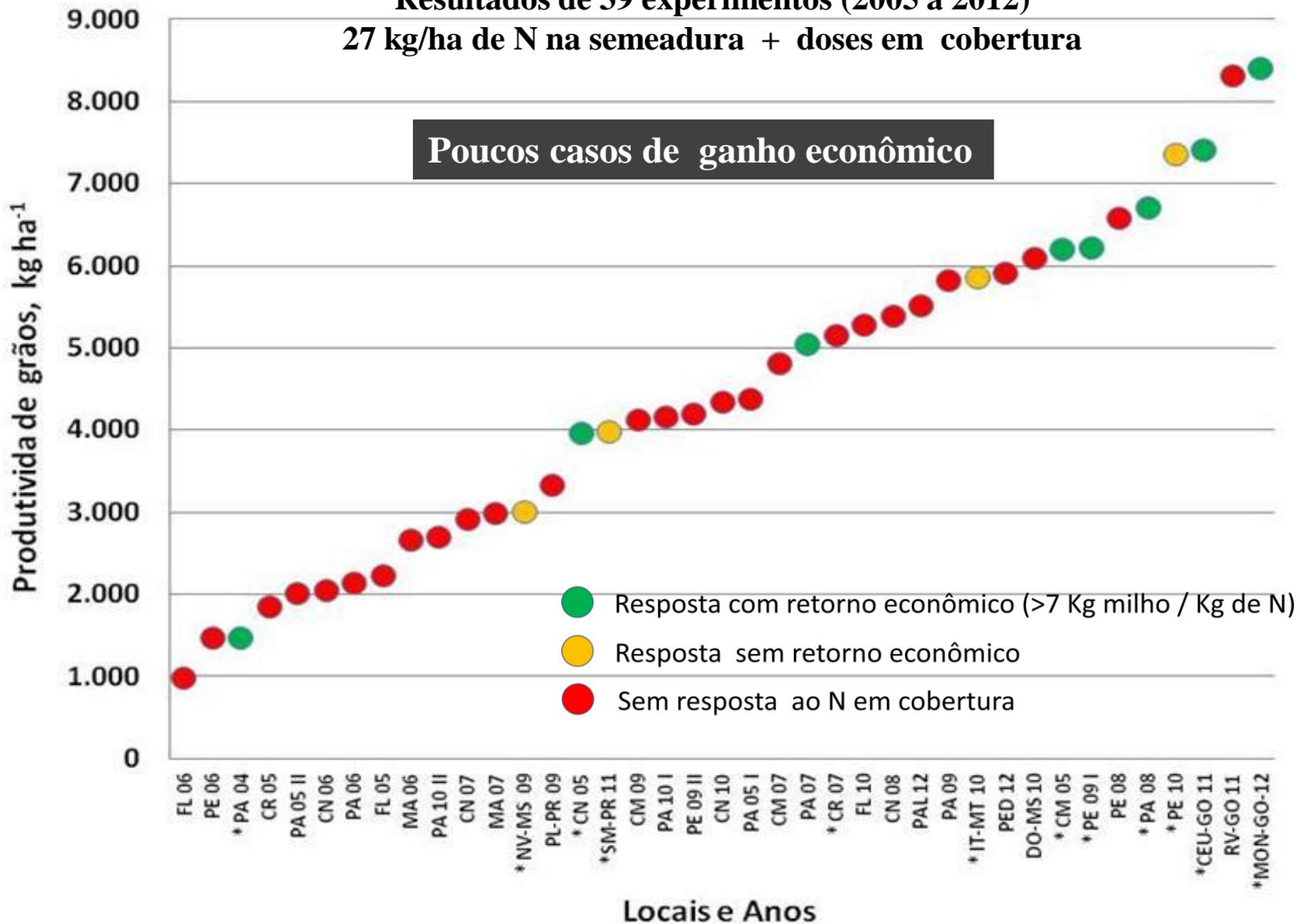


Exportação de Nutrientes pelo Milho

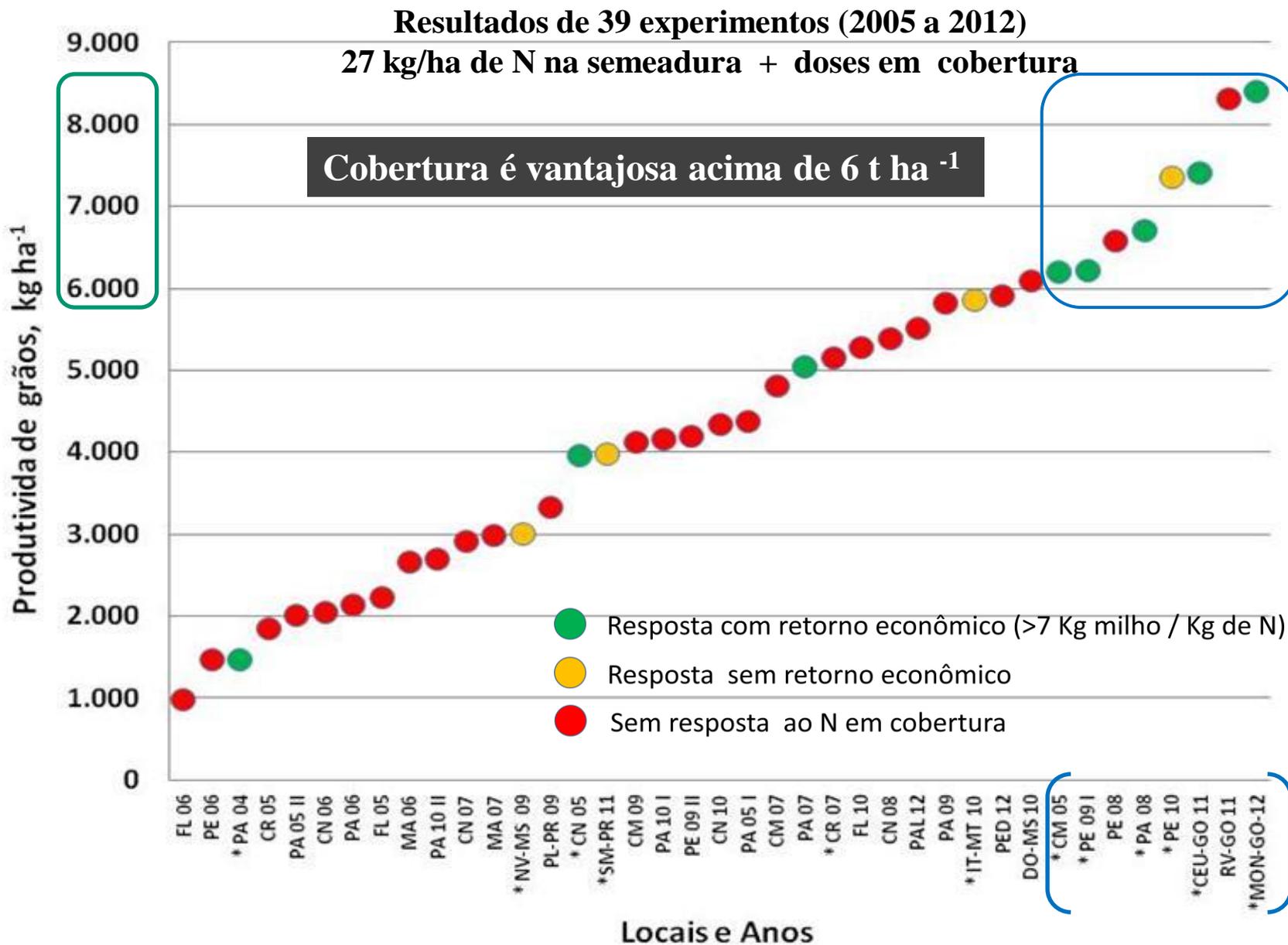


RESPOSTA AO NITROGÊNIO EM COBERTURA

Resultados de 39 experimentos (2005 a 2012)
27 kg/ha de N na semeadura + doses em cobertura



RESPOSTA AO NITROGÊNIO EM COBERTURA



RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Estado de São Paulo – Boletim 100 IAC Edição 2014

| Produtividade esperada t/ha | Semeadura | Cobertura | |
|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-------|
| | | Baixa | Média |
| | | Nitrogênio, Kg/ha | |
| < 4 | 30 | 0 | 0 |
| 4-6 | 30 a 40* | 0 * | 20 |
| 6-8 | 30 | 20 | 40 |

* Baixa resposta => 40 kg/ha de N na semeadura

4-6 t/ha => 40 a 50 kg/ha

Classes de resposta esperada a nitrogênio:

Baixa resposta = milho após soja ou outra leguminosa no verão, em solos argilosos;

Média resposta = milho após soja, em solos de textura intermediária.

RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

COMPARAÇÃO MILHO VERÃO X MILHO SAFRINHA

MILHO SAFRINHA APÓS SOJA (solo argiloso)

8 a 10 kg de N por tonelada de milho =>

1 kg de N produz 1,7 a 2,0 sc milho/ha

MILHO VERÃO – Classe Alta Resposta (Boletim IAC nº 100)

17 kg de N por tonelada de milho => 1 kg N produz 1,0 sc milho/ha

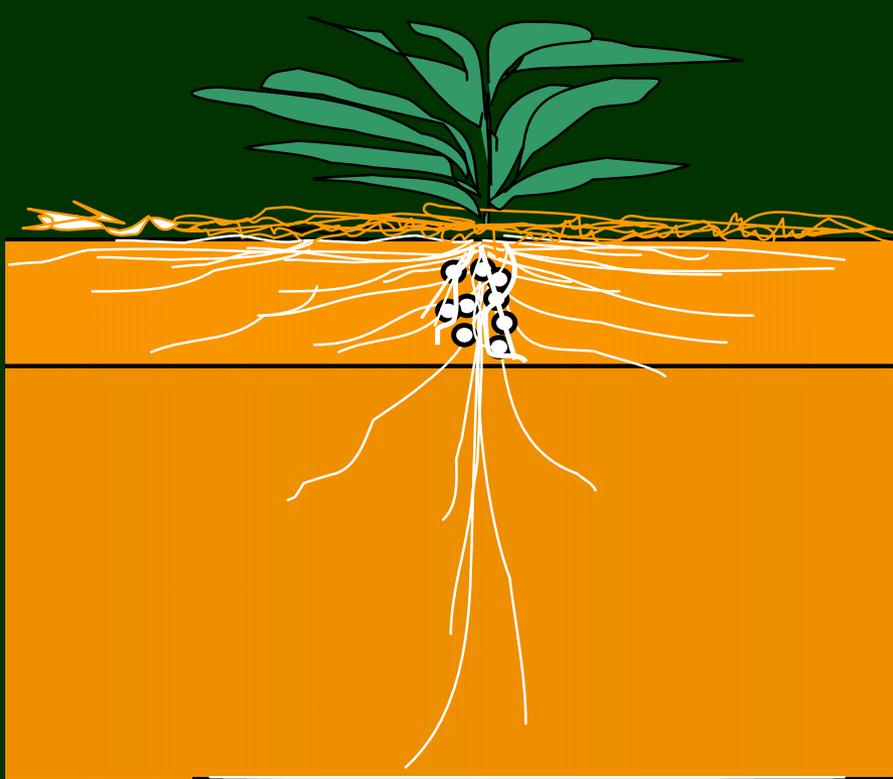
Fontes de Nitrogênio



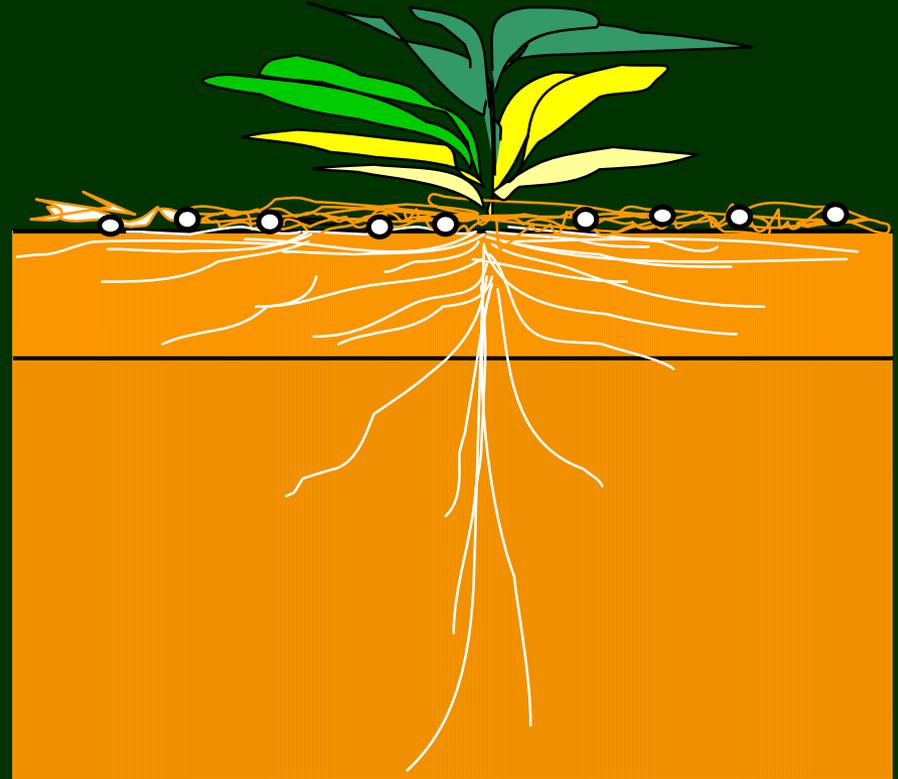
Fonte: Cantarella, IAC

- Ureia é a fonte mais barata de N, mas é menos eficiente se aplicada em superfície em SPD porque está sujeita a volatilização de NH_3 (20 - 40% em média).
- Outras fontes: não sujeitas à volatilização em solos ácidos mas custam mais
- **Fertilizantes de Eficiência Aumentada:** Em geral, os inibidores da urease reduzem 50% das perdas por volatilização de NH_3 .

Localização do Fertilizante



adubo no sulco



adubo a lançar

ADUBAÇÃO A LANÇO E ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS

EFICIÊNCIA MAIOR EM ESPAÇAMENTO REDUZIDO



MICRONUTRIENTES

- **Milho: Zn**
- **Análise de solo é um bom indicador**
- **Diagnose foliar tem um caráter complementar à análise de solo**

Interpretação de resultados de micronutrientes em solo

| Classes de teor | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
|--------------------------------|-------------|-----------|--------|-----------|-----------|
| | Água quente | DTPA | DTPA | DTPA | DTPA |
| ----- mg/dm ³ ----- | | | | | |
| Baixo | 0 - 0,20 | 0 - 0,2 | 0 - 4 | 0 - 1,2 | 0 - 0,5 |
| Médio | 0,21 - 0,60 | 0,3 - 0,8 | 5 - 12 | 1,3 - 5,0 | 0,6 - 1,2 |
| Alto | > 0,60 | > 0,8 | > 12 | > 5,0 | > 1,2 |

Raij et al., 1997

MICRONUTRIENTES

- **Recomendação de Zn no solo**
 - 4 kg/ha de Zn (para Zn DTPA < 0,6 mg/dm³)
 - 2 kg/ha de Zn (para 0,6 a 1,2 mg/dm³)

- **Recomendação de Zn foliar**
 - Solução 0,5% de Sulfato de Zinco (padrão)
Cuidados com a fonte e a aplicação (horário, híbrido, ...)



ADUBAÇÃO DE SOJA E MILHO SAFRINHA EM SISTEMAS PRODUTIVOS

Baseado apenas no balanço extração/acúmulo de nutrientes?







**APLICAÇÃO ANTECIPADA DE FÓSFORO
A LANÇO NA SOJA**

Aplicação de Potásio a Lanço na Soja: rendimento vs qualidade operacional



Fonte: Fundação MT, Kappes (2012)



**APLICAÇÃO EM COBERTURA DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO
A LANÇO NO MILHO SAFRINHA**





Adubação de Milho Safrinha e Soja em Sistemas Produtivos

Projeto: IAC, Fundação MT e Mosaic, com apoio da PA Consultoria

Locais: 2 no Estado de São Paulo

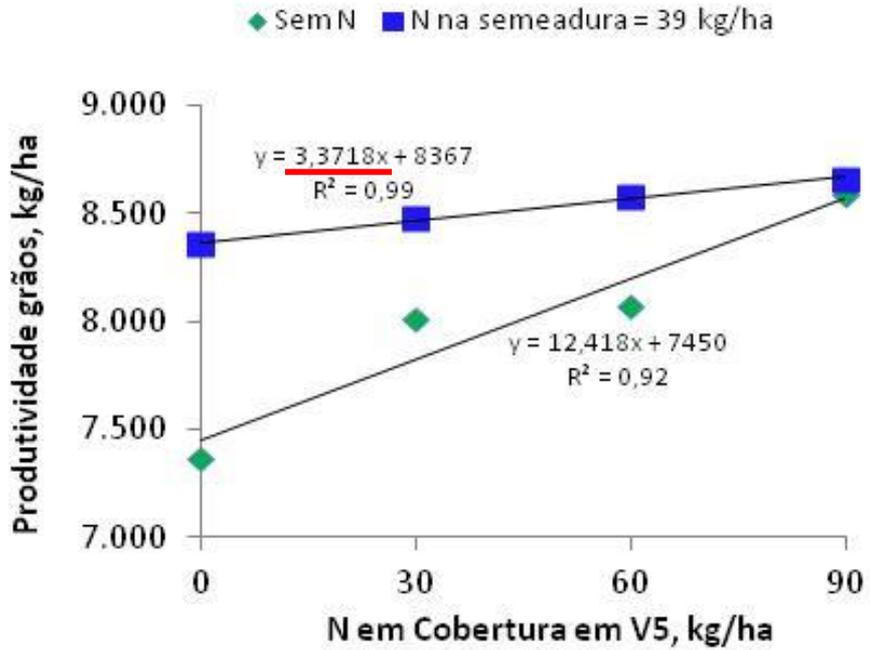
3 no Mato Grosso (Itiquira, Sapezal, Decilândia)

Solos: > 50% argila e teores médio e alto de P e K



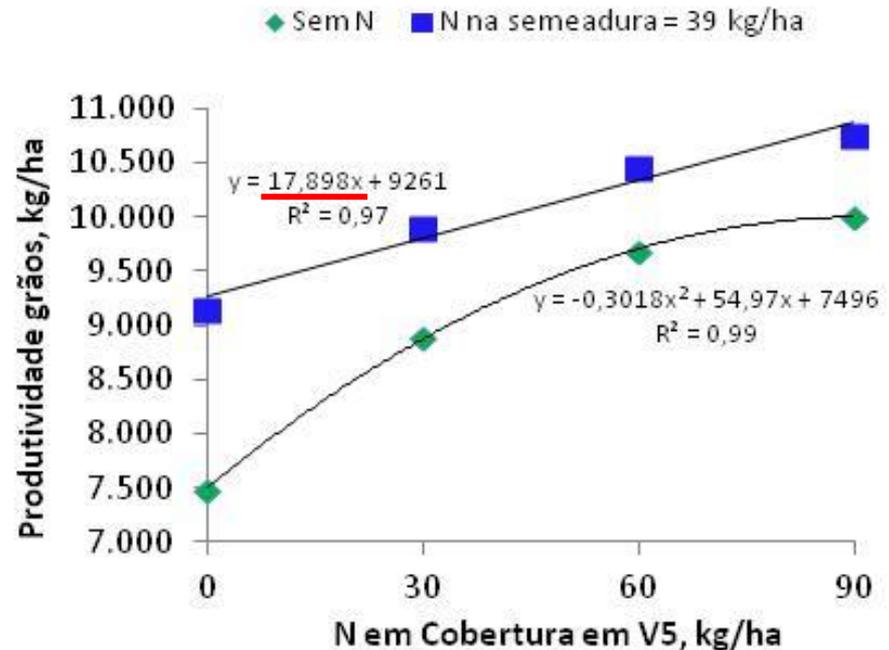
Adução de Sistemas Produtivos – Resposta do Milho Safrinha ao N

Sapezal (MT) 2013



△ N semente = 991 kg/ha

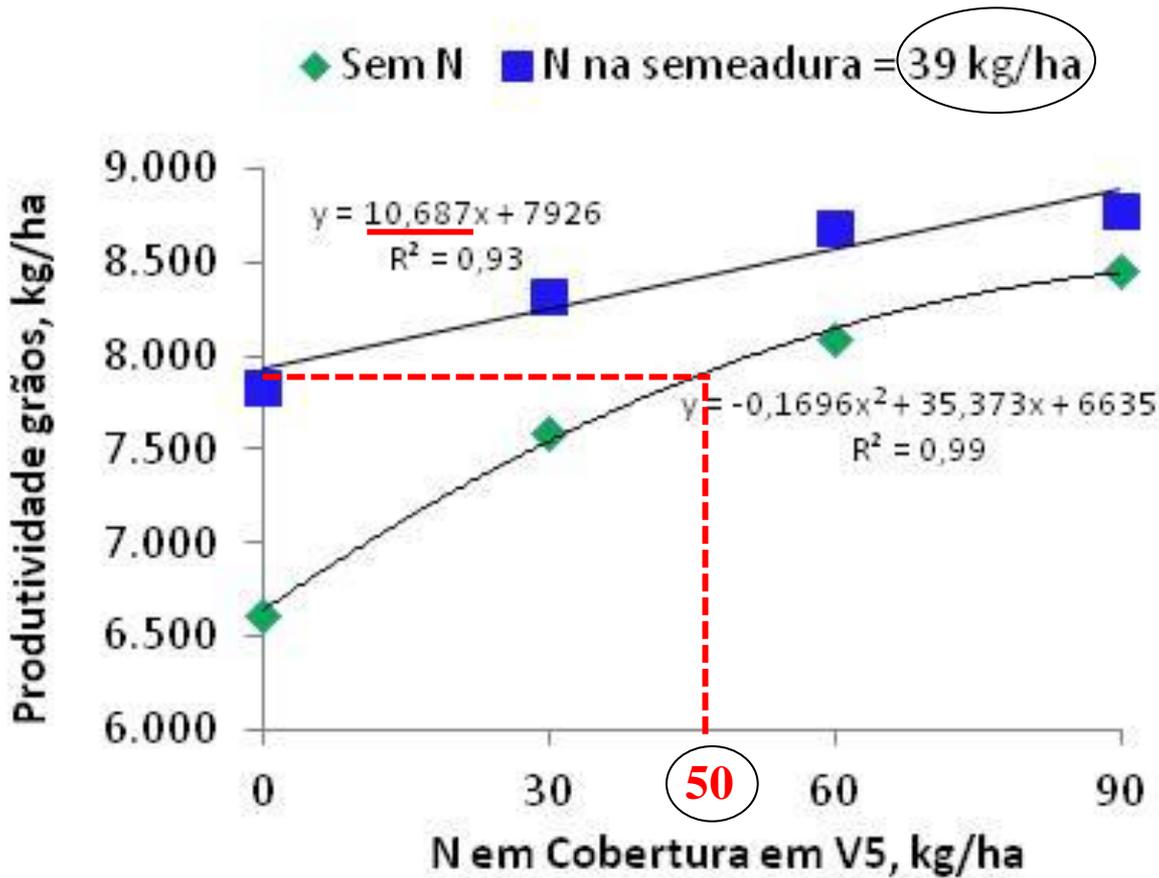
Sapezal (MT) 2014



△ N semente = 1.667 kg/ha

Adubação de Sistemas Produtivos – Resposta do Milho Safrinha ao N

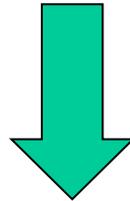
Mato Grosso, Média 5 ambientes



Δ N semeadura = 1.222 kg/ha

Adubação de Sistemas Produtivos – Resposta do Milho Safrinha ao N

A eficiência da adubação com N é maior na semeadura!



**Sulco => Fertilizantes concentrados em N, por exemplo:
12-15-15, 16-16-16 ... DAP (18-46-00), MES (13-33-00-15S)**

Lanço => Semear e adubar o mais rápido possível.

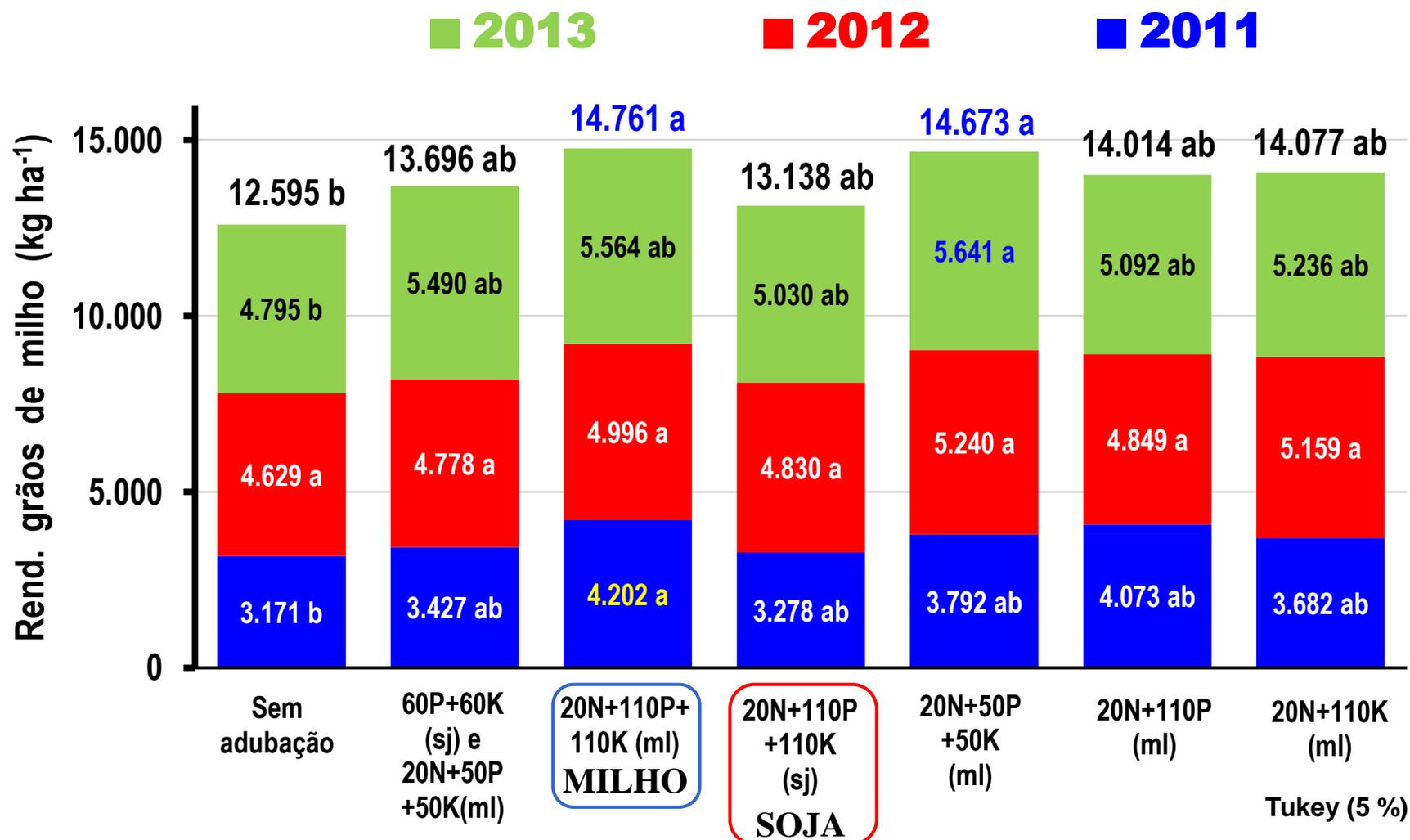
Adubação Fosfatada no Milho Safrinha

Qual cultura aproveita melhor o efeito residual da adubação fosfatada?

O milho ou a soja?

A adubação do milho safrinha com fósforo, em vez de aplicá-lo apenas na soja, pode melhorar a produtividade do sistema?

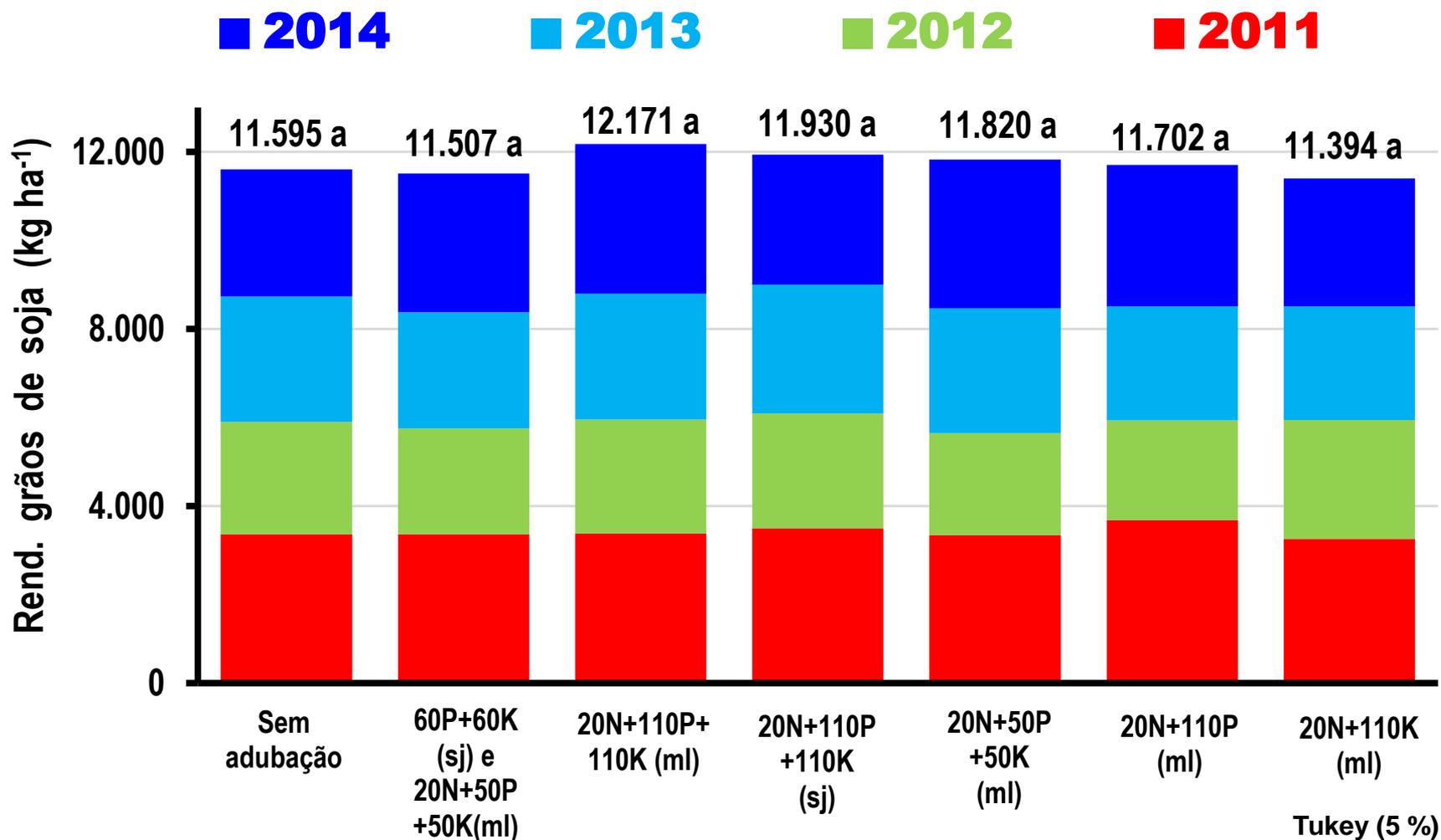
RESULTADOS ADUBAÇÃO DE SISTEMA PRODUTIVOS EM DOURADOS, MS



Solo com teor médio de P e alto de K, adubo no sulco, exceto trat 4 (soja antecipado) , consorciado com braquiária

Fonte: Kurihara et al, 2014 (Embrapa)

RESULTADOS ADUBAÇÃO DE SISTEMA PRODUTIVOS EM DOURADOS, MS



Fonte: Kurihara et al, 2014 (Embrapa)

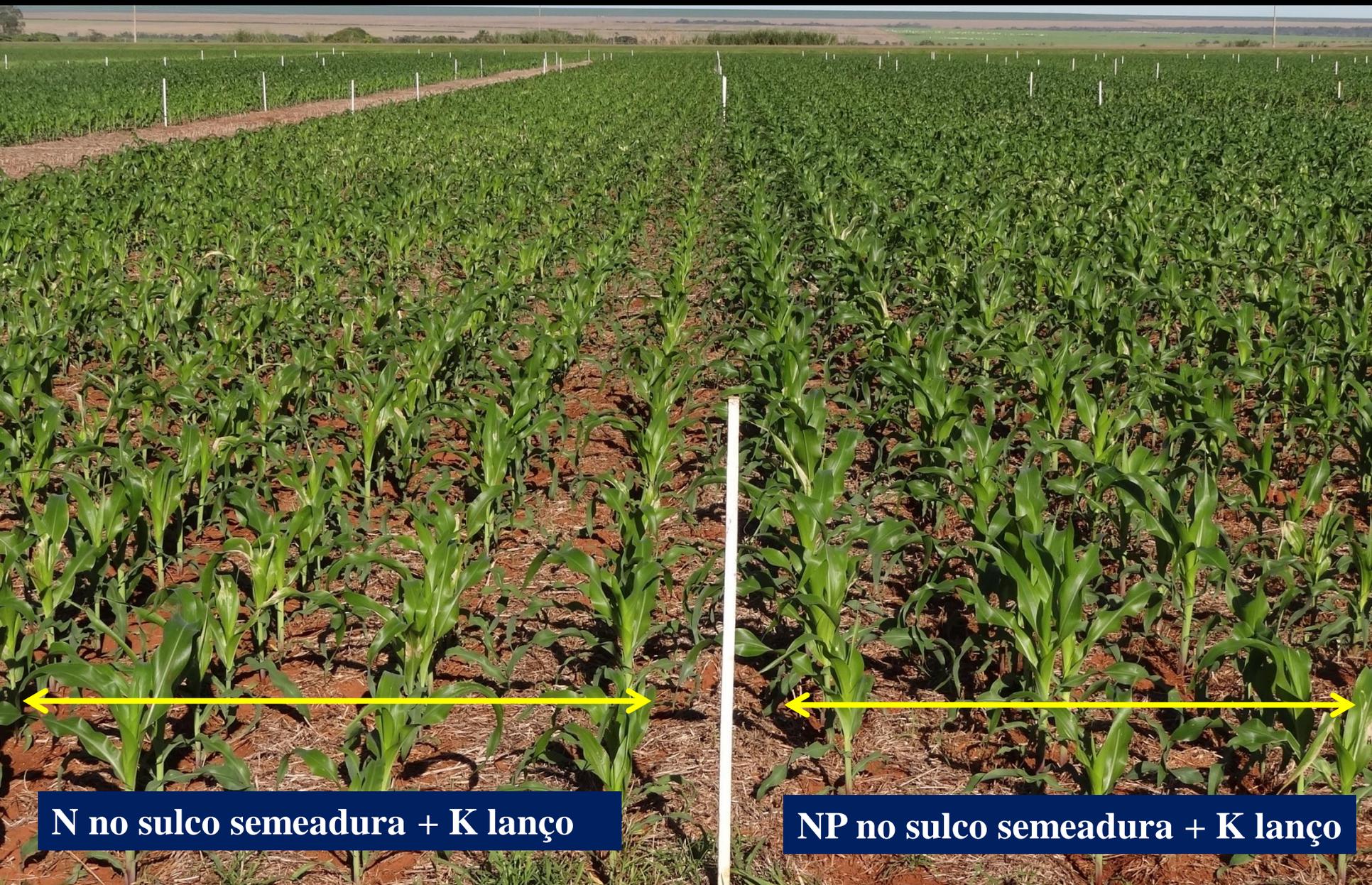
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS – MILHO E SOJA



Testemunha (K a lanço)

NP no sulco semeadura + K lanço

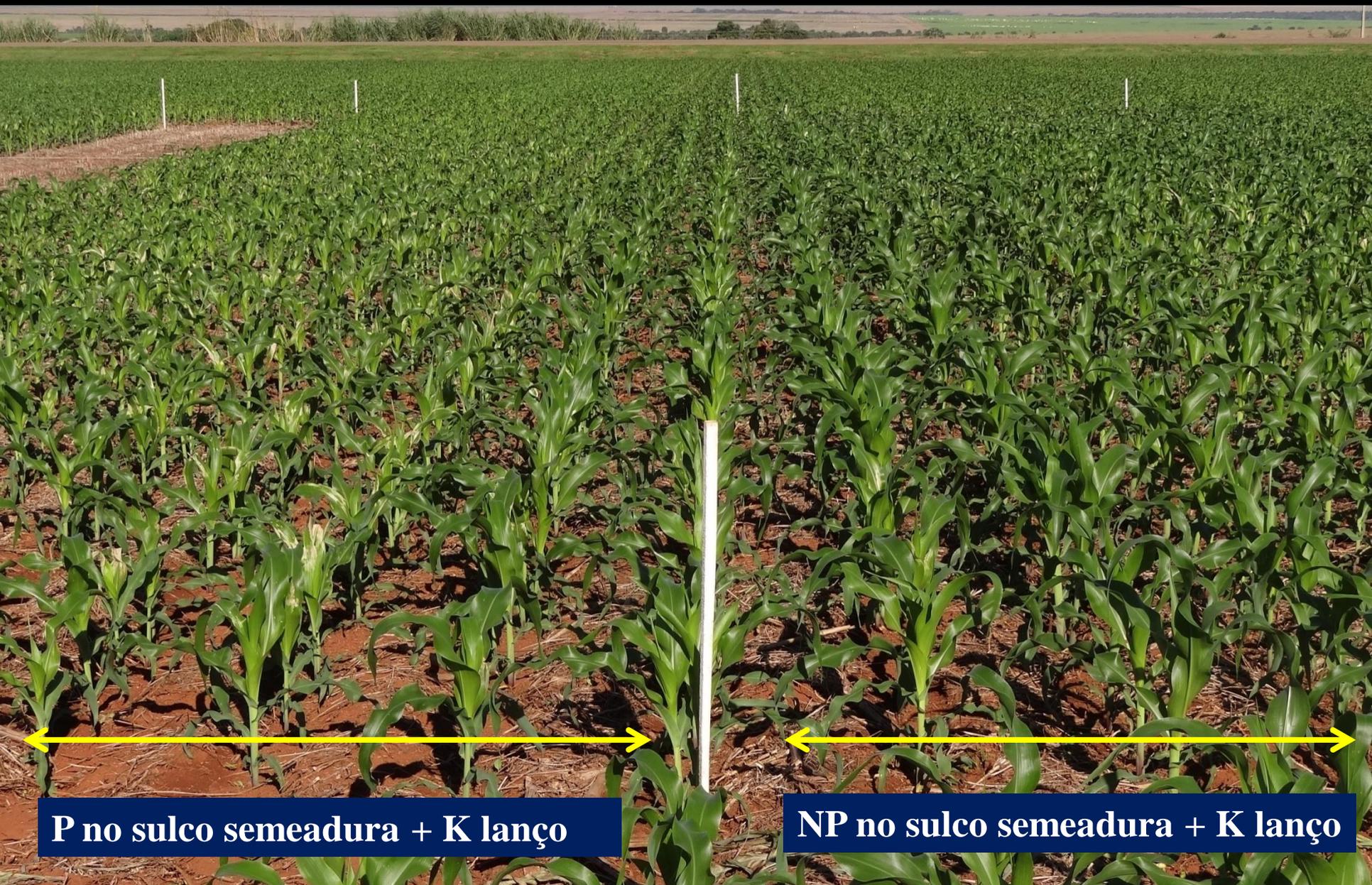
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS – MILHO E SOJA



N no sulco semeadura + K lanço

NP no sulco semeadura + K lanço

ADUBAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS – MILHO E SOJA



P no sulco semeadura + K lanço

NP no sulco semeadura + K lanço

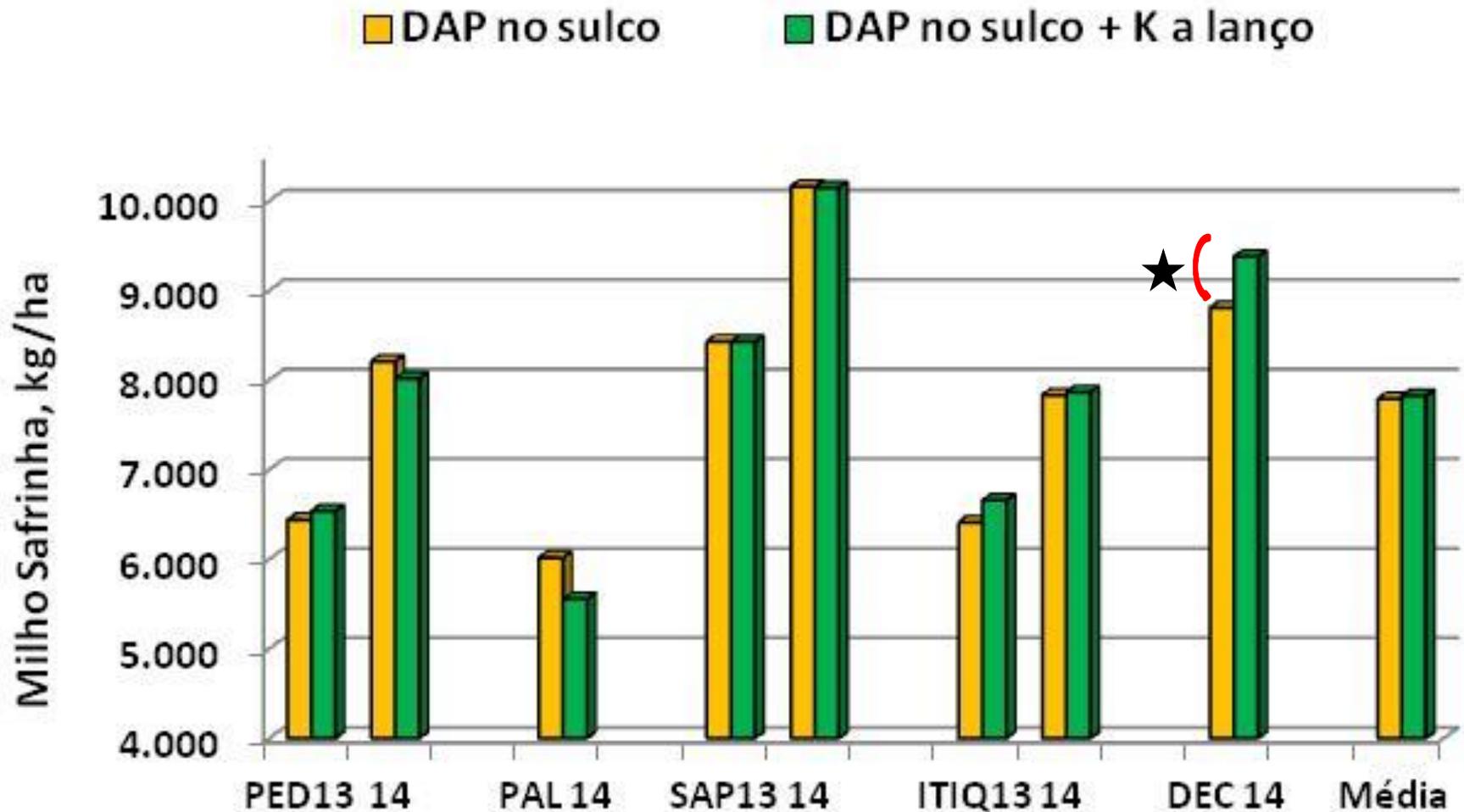
Adubação Fosfatada no Milho Safrinha

Qual cultura aproveita melhor o efeito residual da adubação fosfatada?

A soja !

A adubação do milho safrinha com fósforo, em vez de aplicá-lo apenas na soja, pode melhorar a produtividade do sistema !

Adubação de Sistemas Produtivos – Efeito da Omissão de POTÁSSIO



Adubação Potássica no Milho Safrinha

O milho safrinha tem baixa frequência de resposta ao K em solos férteis (médio e alto teor) em sucessão a soja bem adubada.

Qual o risco da omissão do K na adubação ?

Deficiência em parte das plantas devido manchas irregulares do nutriente no solo e/ou má qualidade da distribuição do K na soja.

BPUPs para MILHO - Considerações Finais

- Conhecer a fertilidade do solo para recomendação de calagem, P, K, S e micronutrientes = amostragem e análise periódica do solo;

-As adubações das culturas de soja e milho safrinha devem repor, no mínimo, os nutrientes exportados nos grãos (manutenção da fertilidade)

= estimar a produtividade a ser obtida no milho safrinha => maior adubação nas lavouras do cedo;

BPUPs para MILHO - Considerações Finais

- A adubação nitrogenada é imprecidível na semeadura, em doses de 30 a 40 kg ha⁻¹, podendo ser complementada em lavouras bem implantadas e condições climáticas favoráveis;**
- É importante associar fósforo e nitrogênio na adubação de semeadura do milho safrinha, no mínimo, para o “efeito de arranque”;**

Obrigado !

Aildson Pereira Duarte

aildson@apta.sp.gov.br

www.zeamays.com.br

