

IX Simpósio Regional • IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Paragominas - PA • 30 e 31 DE AGOSTO/2016

Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes na Cultura do Milho

Aildson Pereira Duarte
Instituto Agronômico, Campinas (IAC)

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

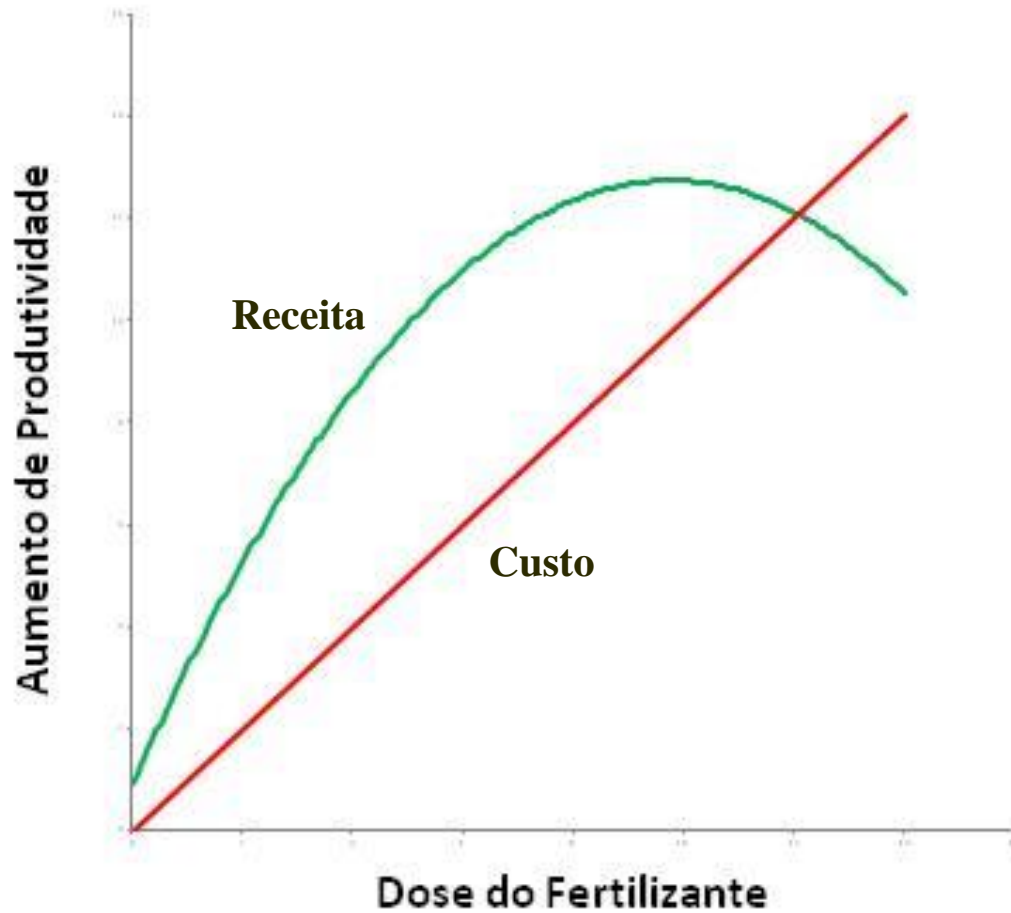




ADUBAÇÃO COM P E K e MICRONUTRIENTES

- **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)**

Aumento de Produtividade x Custo do Fertilizante



RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

Preço do Milho, sc.

R\$ 16,00

R\$ 20,00

Kg de milho / kg do nutriente

NUTRIENTE	RELAÇÃO DE TROCA	
Nitrogênio	12	10
Fósforo (P₂O₅)	15	12
Potássio (K₂O)	11	8

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)**

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DO SOLO

- Teores muito baixo ou baixo: certeza de resposta à adubação
- Teores médios: resposta pequena
- Teores altos (> NÍVEL CRÍTICO): pouca chance de resposta
- Teores muito altos (N.C. x 2): pode haver decréscimo produção

NÍVEIS CRÍTICOS P E K NO NOS CERRADOS (Mehlich 1)

K = 0,13 a 0,21 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ou 50 a 80 mg/dm^3 (argila > 20% ou CTC > 4 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$)

P = 3,0 8,0 14,0 e 18,0 mg/dm^3 para teores de argila > 60, 40-60, 20-40 e < 20%

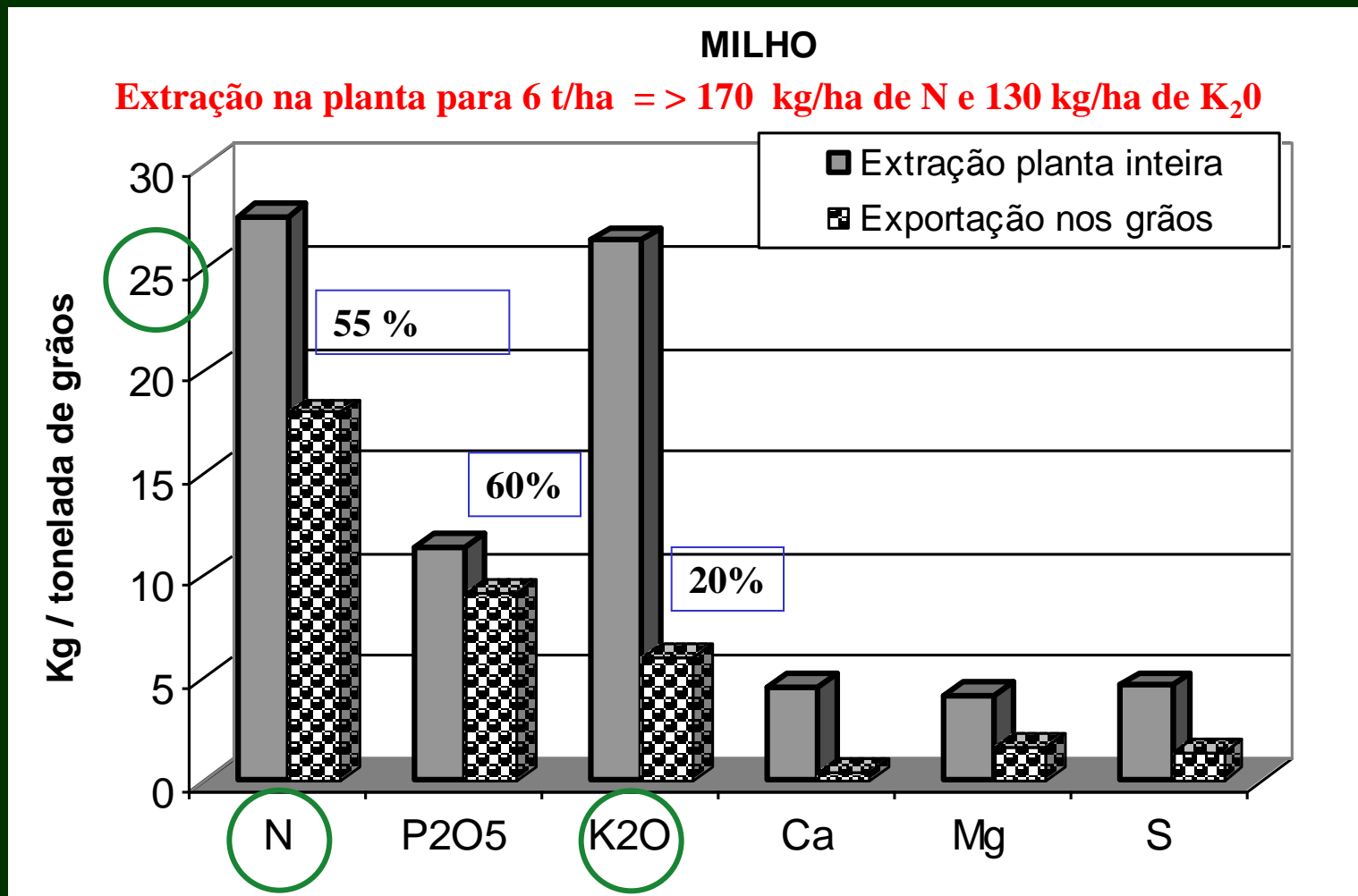
Extração e Exportação de Nutrientes pelo Milho



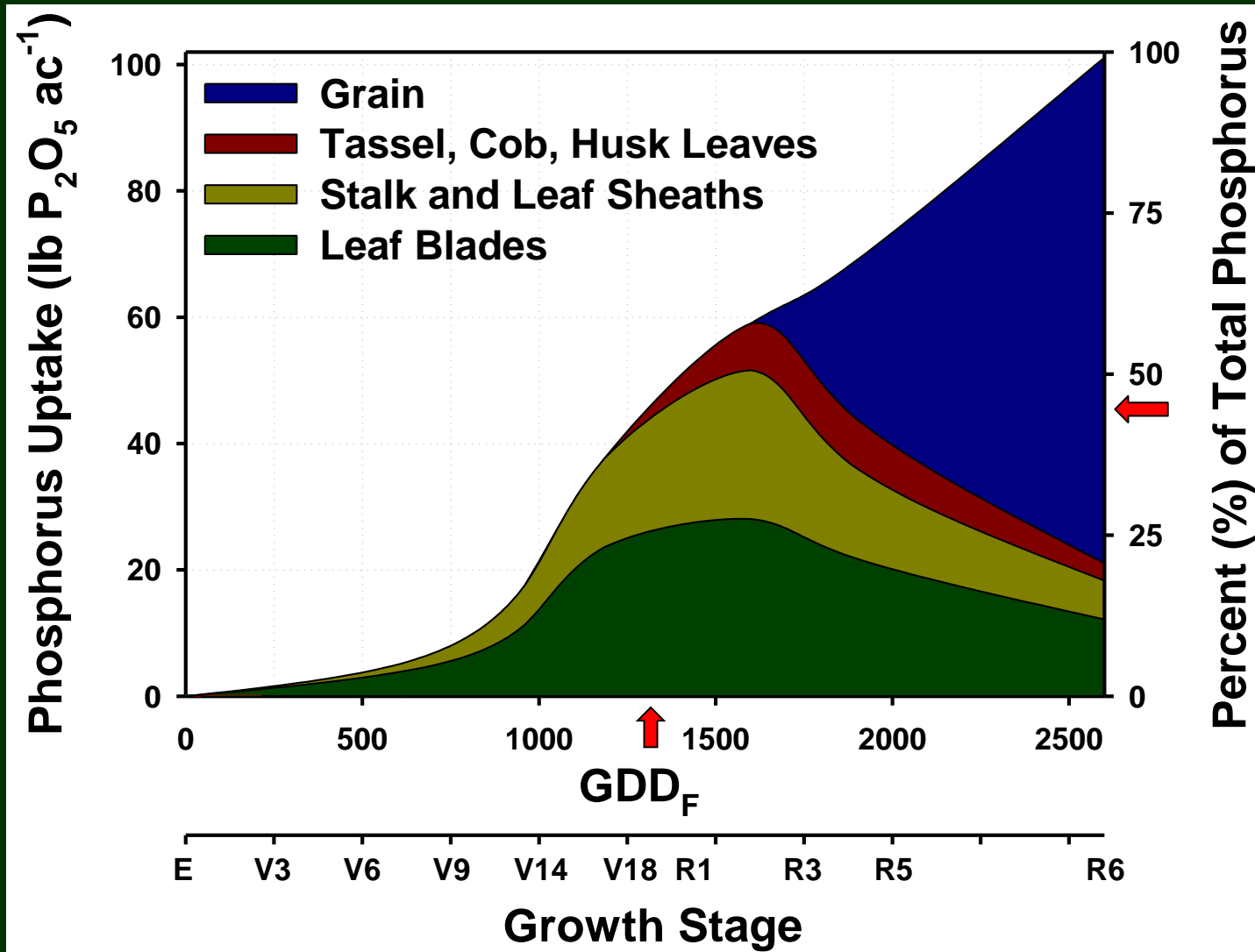
Índice de colheita safrinha: < 45%

Teor de cinzas nos grãos: 1,4%

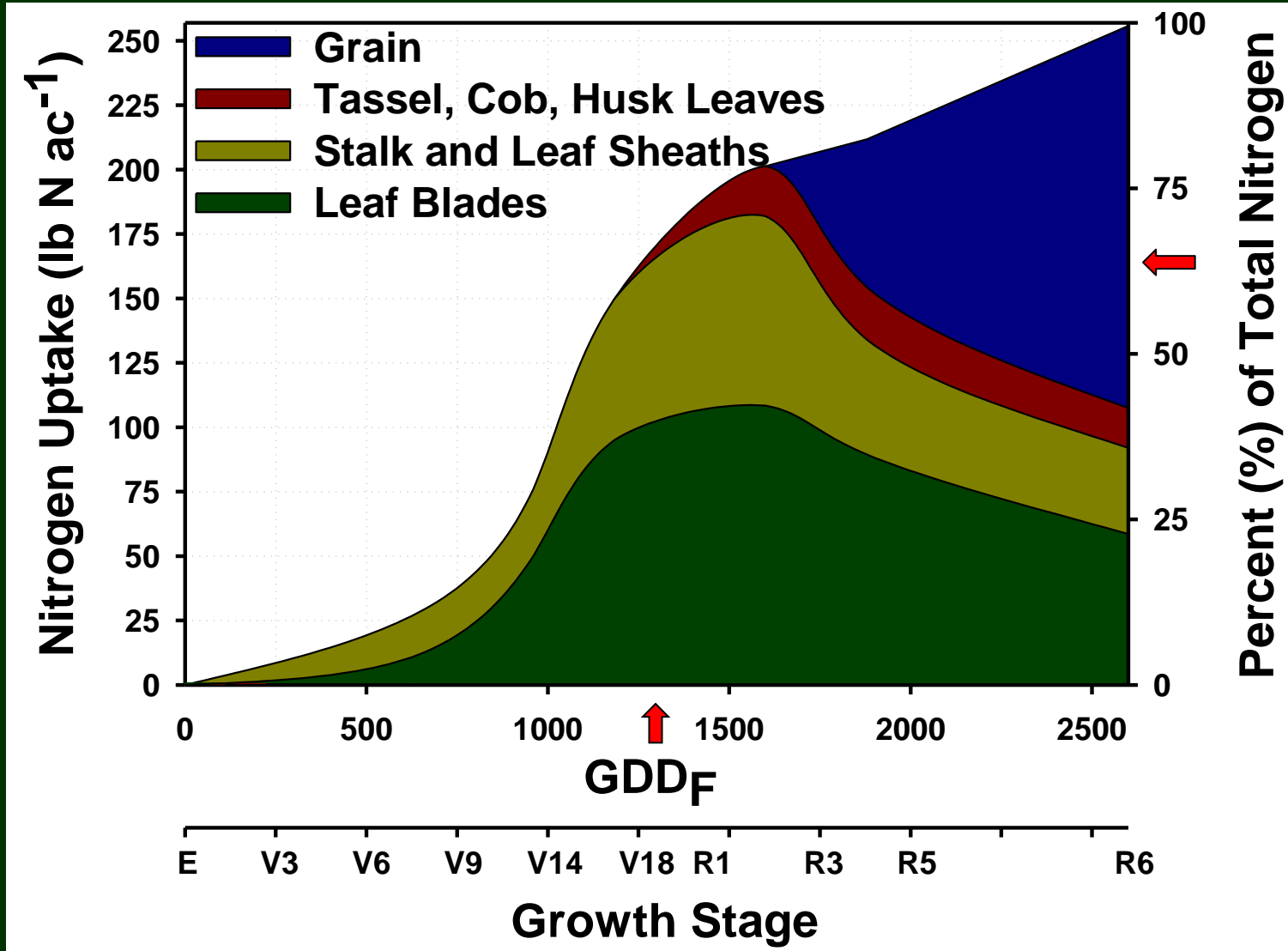
Extração e Exportação de Nutrientes pelo Milho



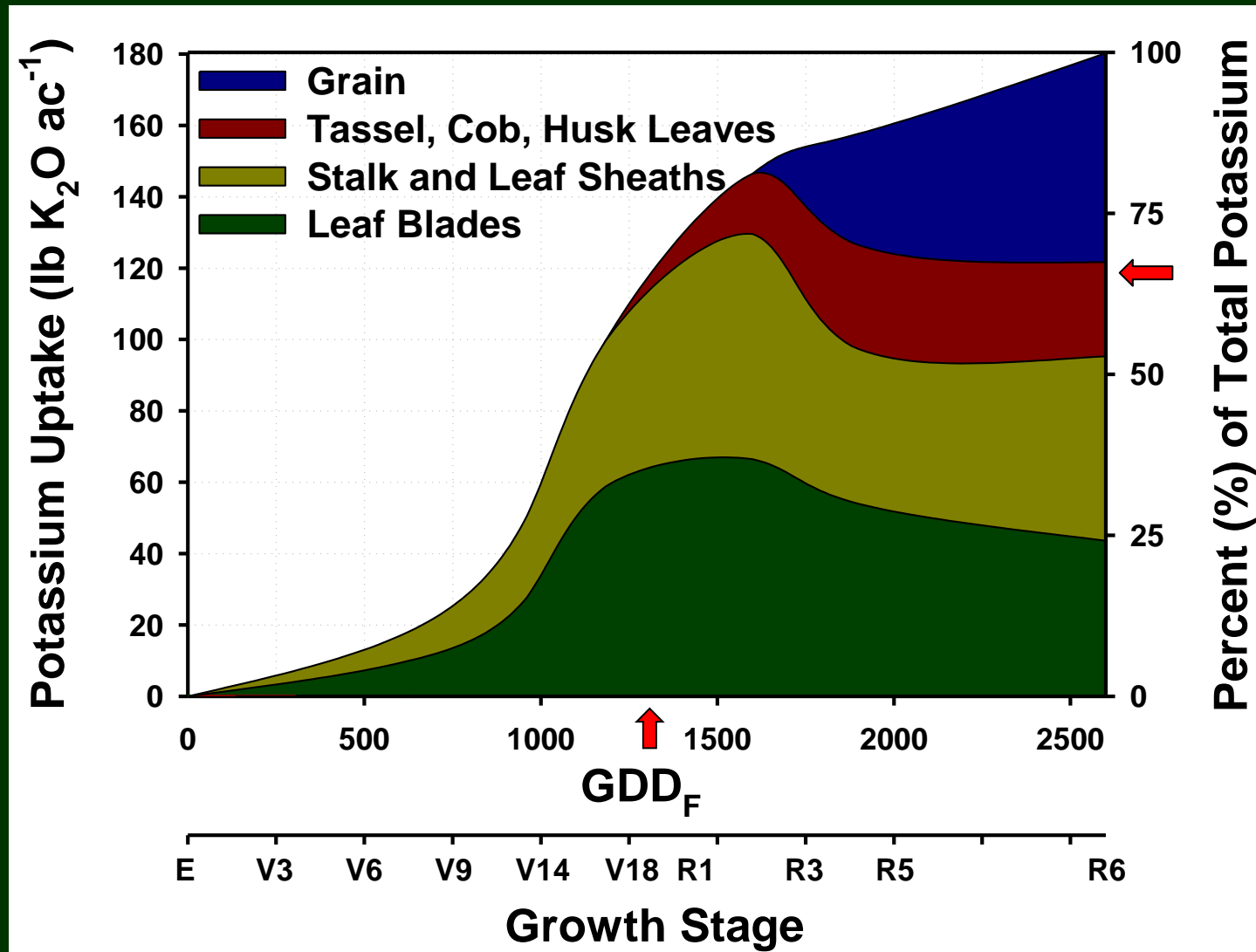
Acúmulo Relativo de Fósforo e sua Distribuição nas Diferentes Partes da Planta (Fonte: Bender et al. 2012)



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

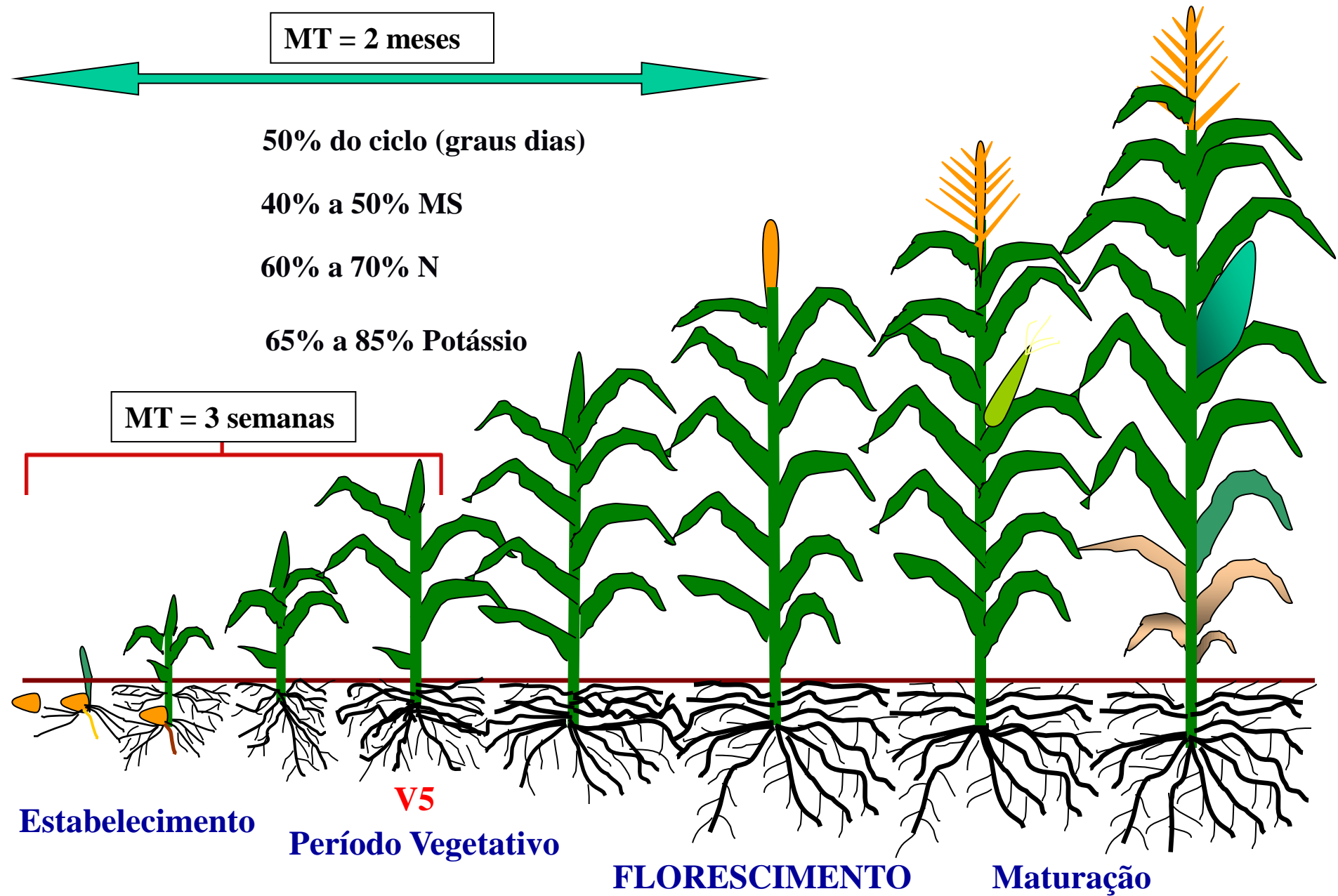
50% do ciclo (graus dias)

40% a 50% MS

60% a 70% N

65% a 85% Potássio

MT = 3 semanas



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 argilosos =>

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



Efeito Salino do Nitrogênio + Potássio no Sulco



(NPK-S) N+K₂O+S = 92 kg ha⁻¹

(NP-S), N+S = 84 kg ha⁻¹

**SOLOS ARGILOSOS E ESPAÇAMENTO 80 cm:
Limite de N+K₂O no Sulco (sem Enxofre): 80 Kg ha⁻¹**

Enxofre

- **Elemento era negligenciado**
- **Nítido aumento do reconhecimento da sua importância para a produção agrícola, especialmente de grãos**

Formas de ocorrência

Enxofre orgânico

- Representa de 80 a 95% do total de enxofre do solo
- É uma forma de reserva de S do solo

Sulfato (SO_4^{2-}) é a forma disponível

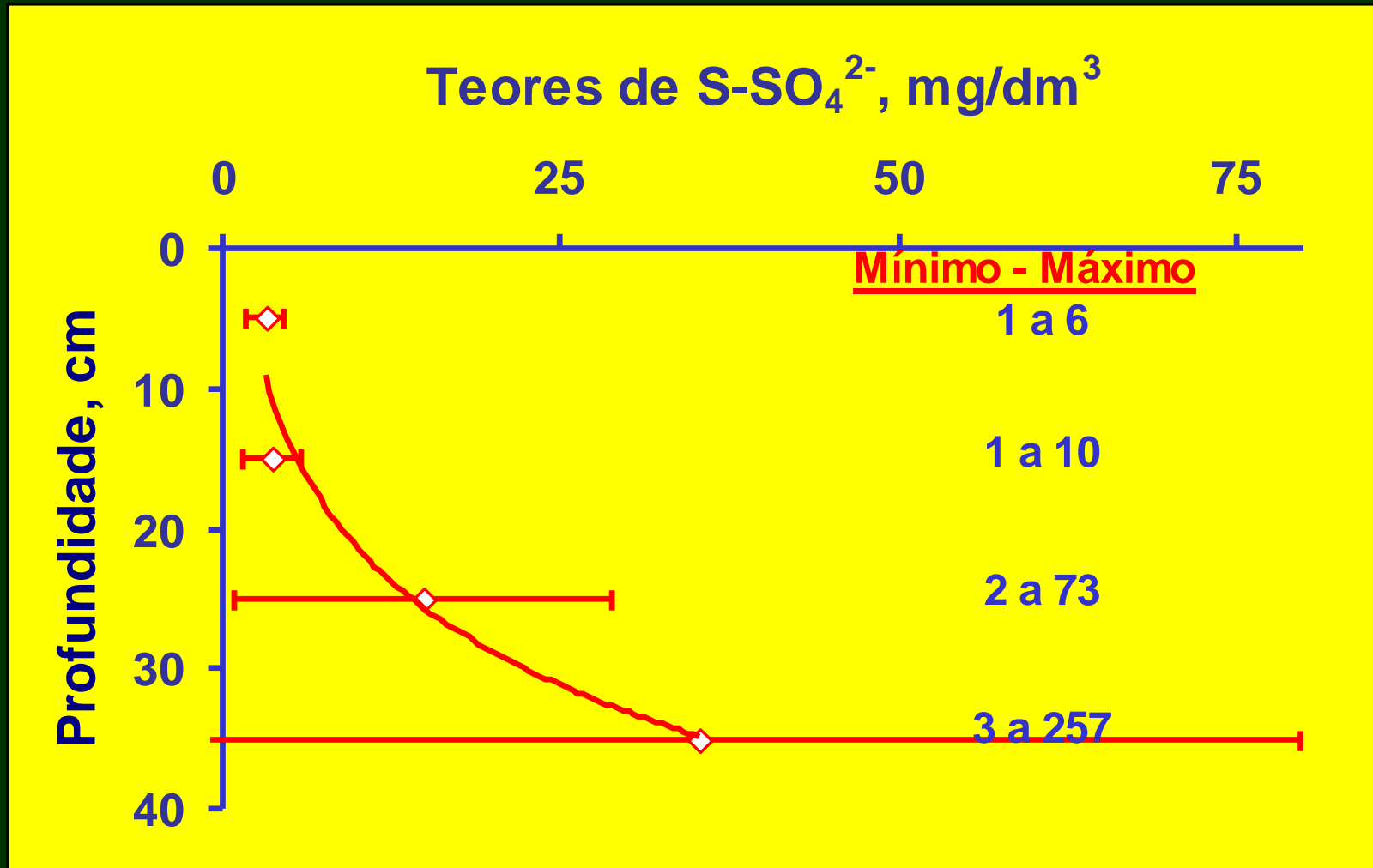
Adsorvido nos coloides do solo

Adsorção (fixação)



A adsorção diminui com o aumento do pH, é muito baixa acima de pH 6,5

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



Nível crítico de S = $5 mg dm^{-3}$ (fosfato de cálcio)

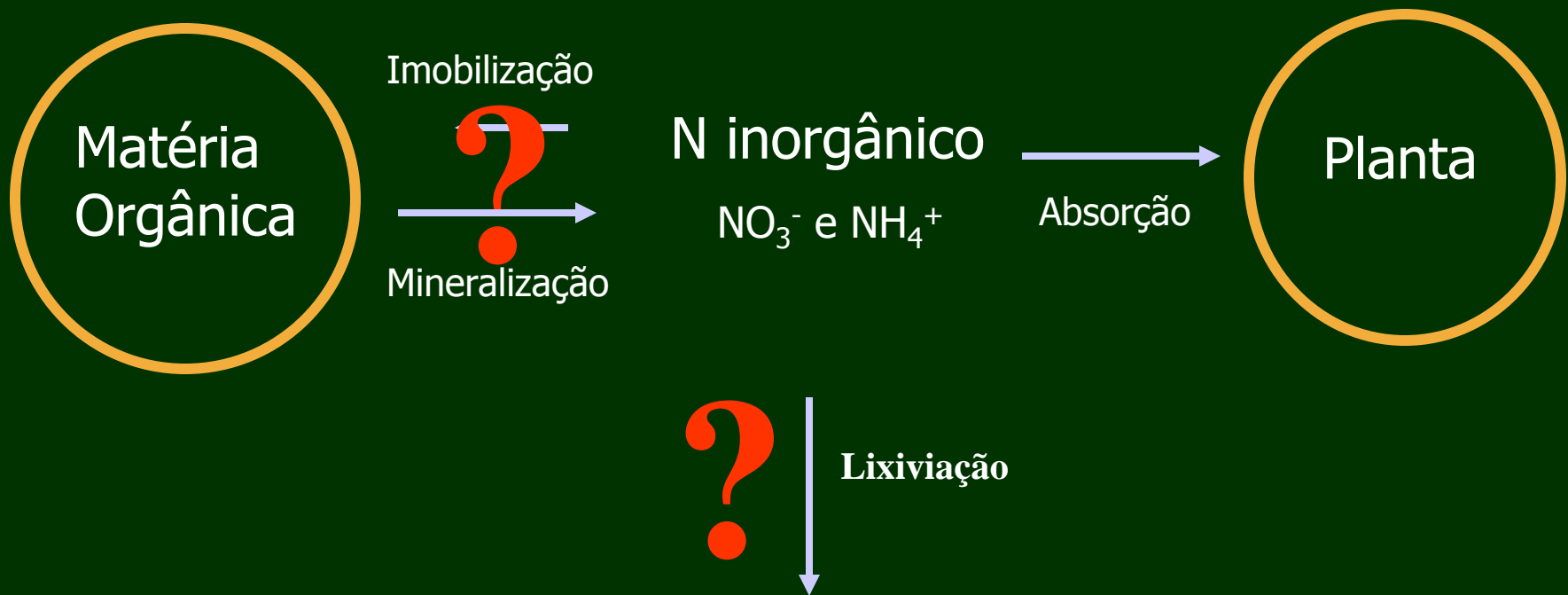
Cantarella & Duarte, 1999

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

$\text{C/N}=1:12$; 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

➤ Experimentos de campo

Condições ambientais de cada região



The image shows a field of soybean plants with brown, dried leaves and stems. A yellow rectangular box is superimposed in the center, containing text. The text is in bold black font. The background is a close-up of the ground, showing the texture of the dried plant matter and the soil.

Soja deixa próximo de 15 kg de N por tonelada de grãos:

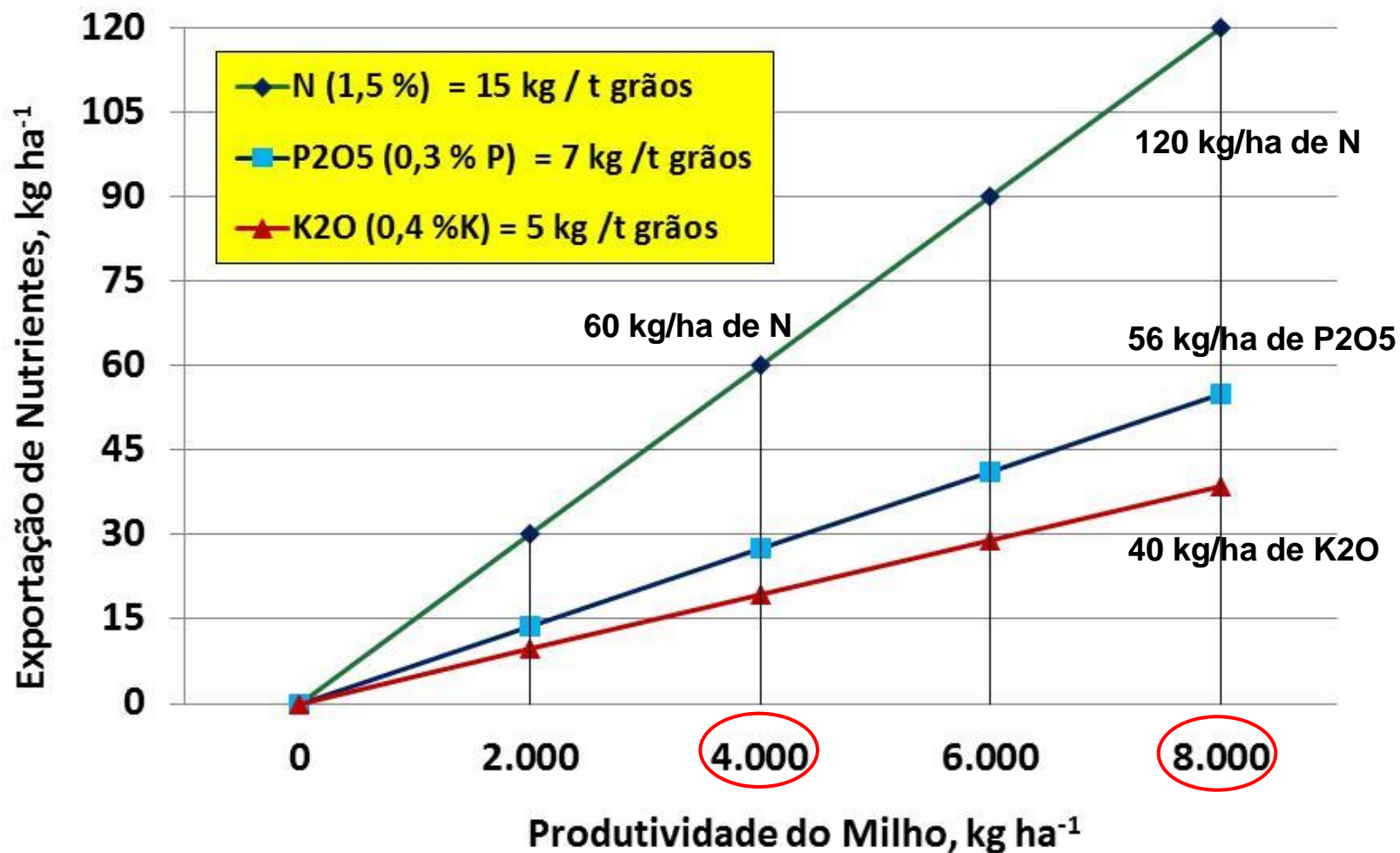
Crédito de N = $3,6 \text{ t ha}^{-1} \times 15 = 54 \text{ kg ha}^{-1}$

Milho Safrinha – Resposta ao NPK na Semeadura



**Faixa sem NPK
na semeadura**

Exportação de Nutrientes pelo Milho



Recomendação de N para o milho

Fonte: Boletim 100 IAC - Edição 2016

Produtividade esperada	Classes de resposta a nitrogênio		
	Alta	Média	Baixa
t/ha	----- kg/ha de N -----		
< 6	90	60	30
6-8	120	90	60
8-10	160	120	90
10-12	200	140	110
>12	220	160	130

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 VERÃO – Classe Alta Resposta (Boletim IAC nº 100)

17 kg de N
por tonelada de milho

1 kg de N produz
1,0 sc milho/ha

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

Fontes de Nitrogênio



Fonte: Cantarella, IAC

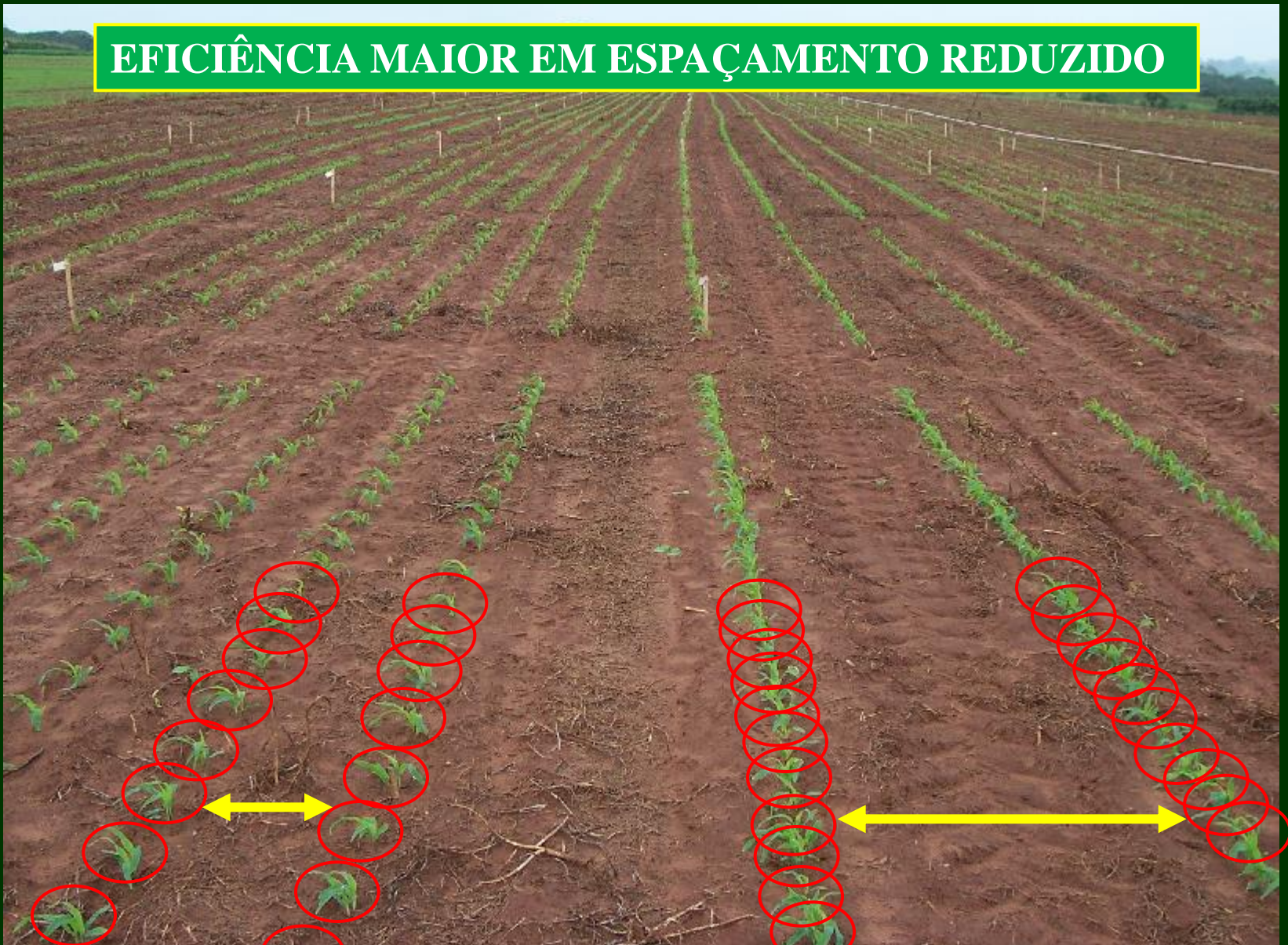
- Ureia é a fonte mais barata de N, mas é menos eficiente se aplicada em superfície em SPD porque está sujeita a volatilização de amônia (20-40% em média).
- Outras fontes: não sujeitas à volatilização em solos ácidos mas custam mais
- **Fertilizantes de Eficiência Aumentada (“protegidos”):** Em geral,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

NITROGÊNIO APLICADO A LANÇO - QUEIMA FOLIAR



MODOS DE APLICAÇÃO: ADUBAÇÃO A LANÇO

EFICIÊNCIA MAIOR EM ESPAÇAMENTO REDUZIDO



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



Adubação de Milho Safrinha e Soja em Sistemas Produtivos

Projeto: IAC e Fundação MT, apoio da FAPESP, Mosaic e PA Consult.

Locais: 2 no Estado de São Paulo (Pedrinhas e Palmital)
3 no Mato Grosso (Itiquira, Sapezal, Decilândia)

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

Período: 3 anos (2013/14, 2014/15 e 2015/16)

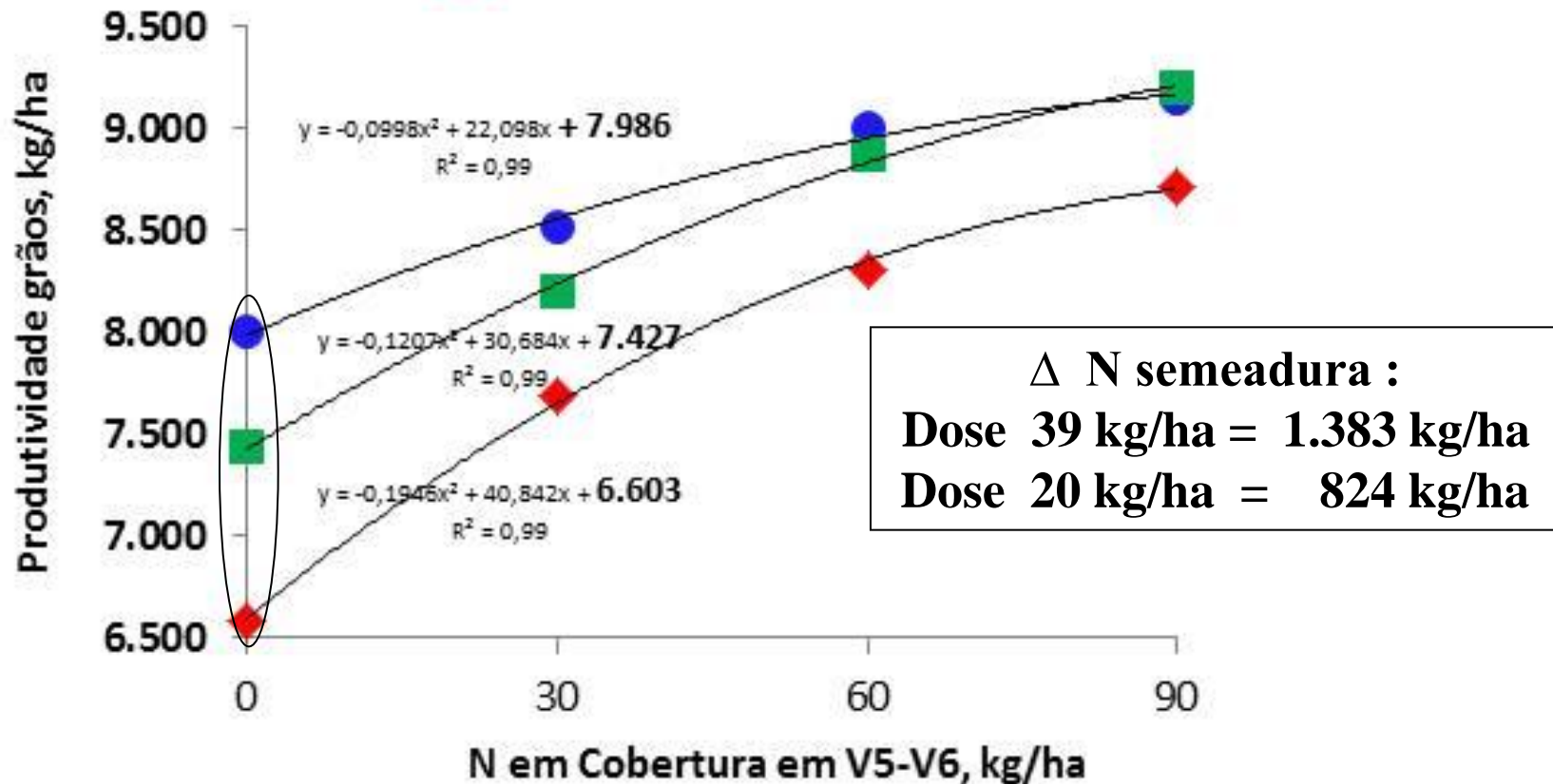
**DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA: 0, 30, 60 e 90 kg/ha (nitrato)
na presença e ausência de N na sementeira**



Resposta do Milho Safrinha ao Nitrogênio

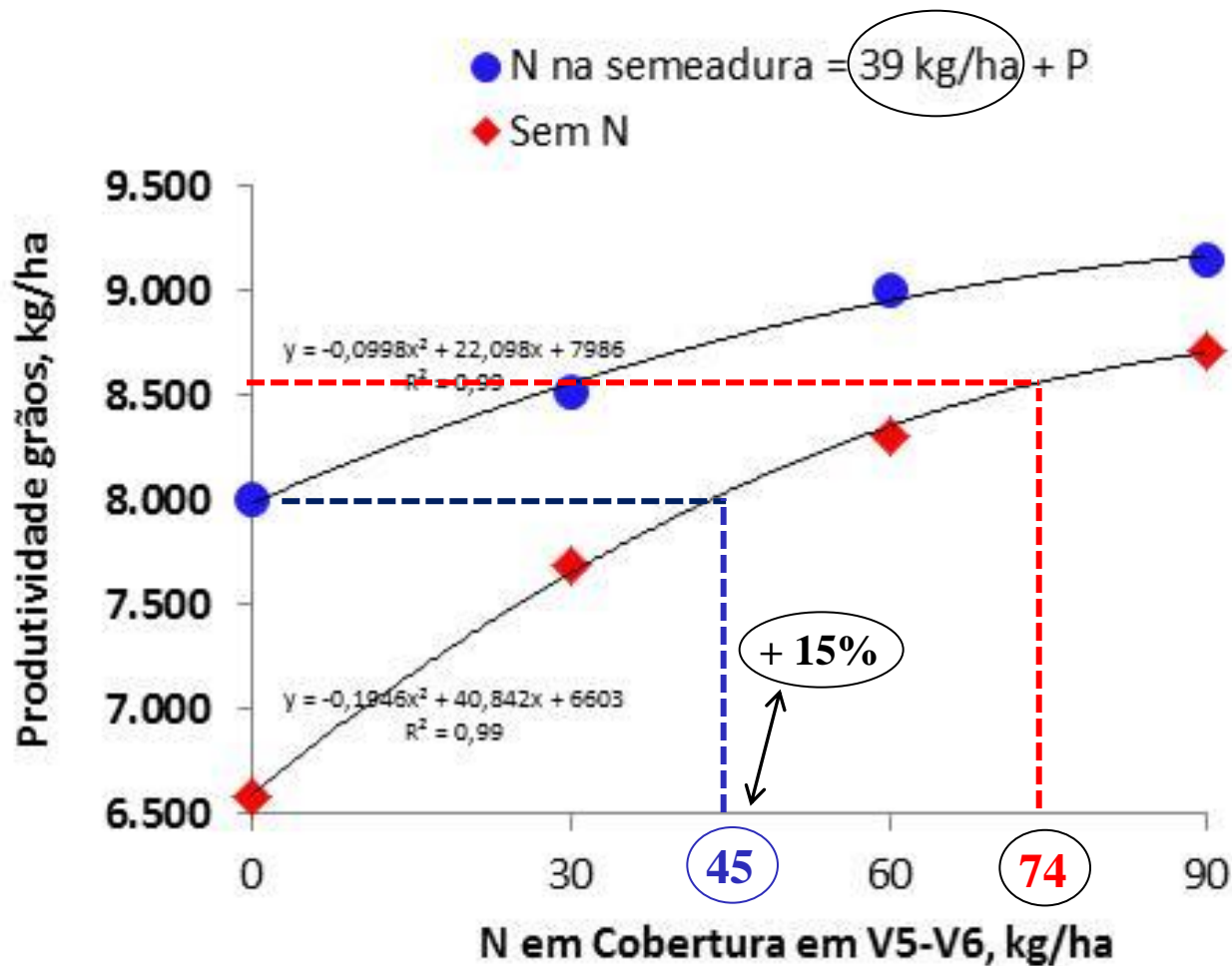
Milho Safrinha, Mato Grosso, 8 ambientes

- N na semeadura = 39 kg/ha + P
- N na semeadura = 20 kg/ha + P
- ◆ Sem N



Resposta do Milho Safrinha ao Nitrogênio

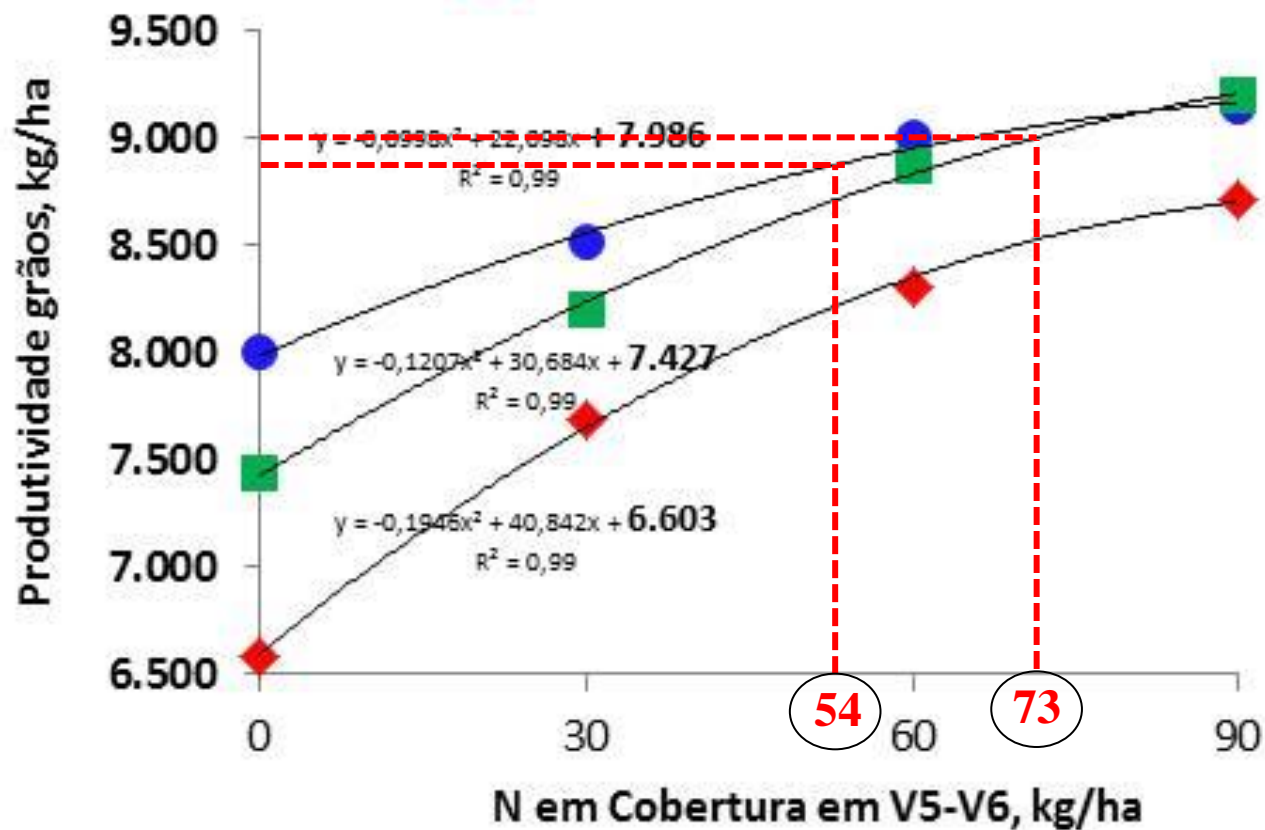
Milho Safrinha, Mato Grosso, 8 ambientes



Resposta do Milho Safrinha ao Nitrogênio

Milho Safrinha, Mato Grosso, 8 ambientes

- N na semeadura = 39 kg/ha + P
- N na semeadura = 20 kg/ha + P
- ◆ Sem N



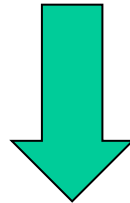
Doses de máximo retorno econômico x Produtividade

Dose de Nitrogênio			Produtividade Grãos
Semeadura	Cobertura	Total	
max. econômica			
..... Kg/ha			
max. econômica			
39	54	93	(8.964)
20	73	93	(8.964)
0	74	74	(8.560)

Δ N total = 19 kg/ha \Rightarrow Δ Produtividade = 404 kg/ha

Resposta do Milho Safrinha ao Nitrogênio

A eficiência da adubação com N é maior na semeadura!



**Sulco => Fertilizantes concentrados em N, por exemplo:
12-15-15, 16-16-16 ... (questão do K e limite da dose)**

DAP (18-46-00), MES (13-33-00-15S)

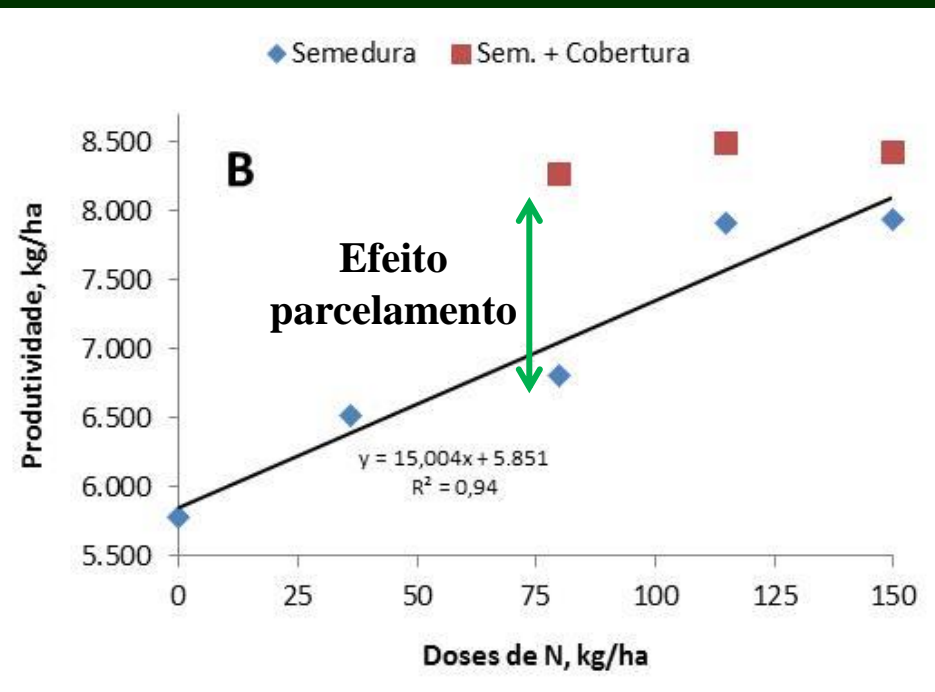
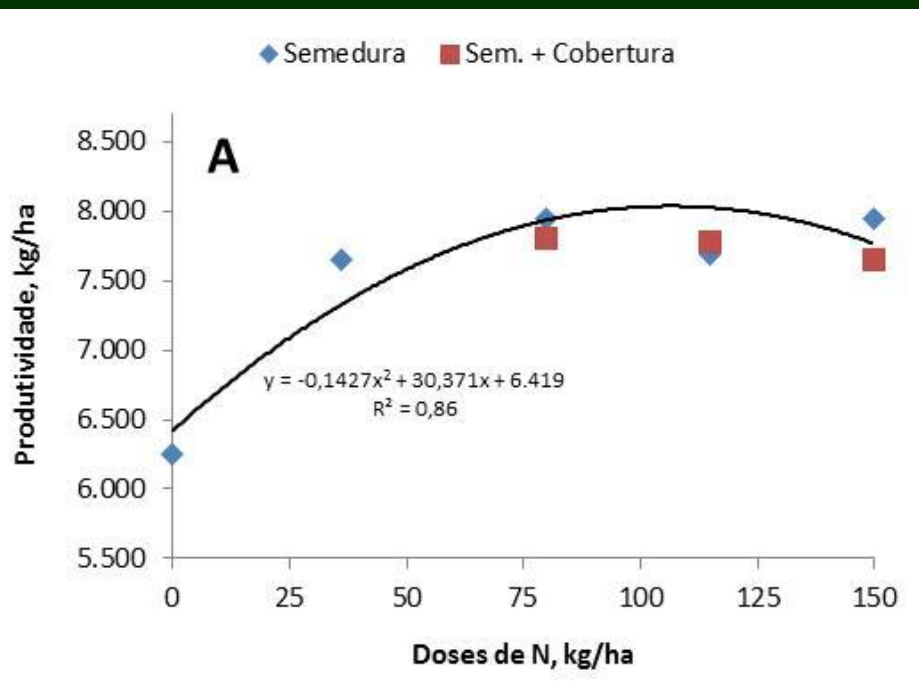
Lanço => Semear e adubar o mais rápido possível.

Não usar MAP (11-52-00) em milho em doses inferiores a 200 kg/ha!

MILHO VERÃO – DOSES DE NITROGÊNIO NA SEMEADURA

Capão Bonito – Solo Argiloso

Votuporanga – Solo Arenoso



**Dose mínima de 36 kg/ha na semeadura (+cobertura)
para produtividade de 8 t/ha**

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?

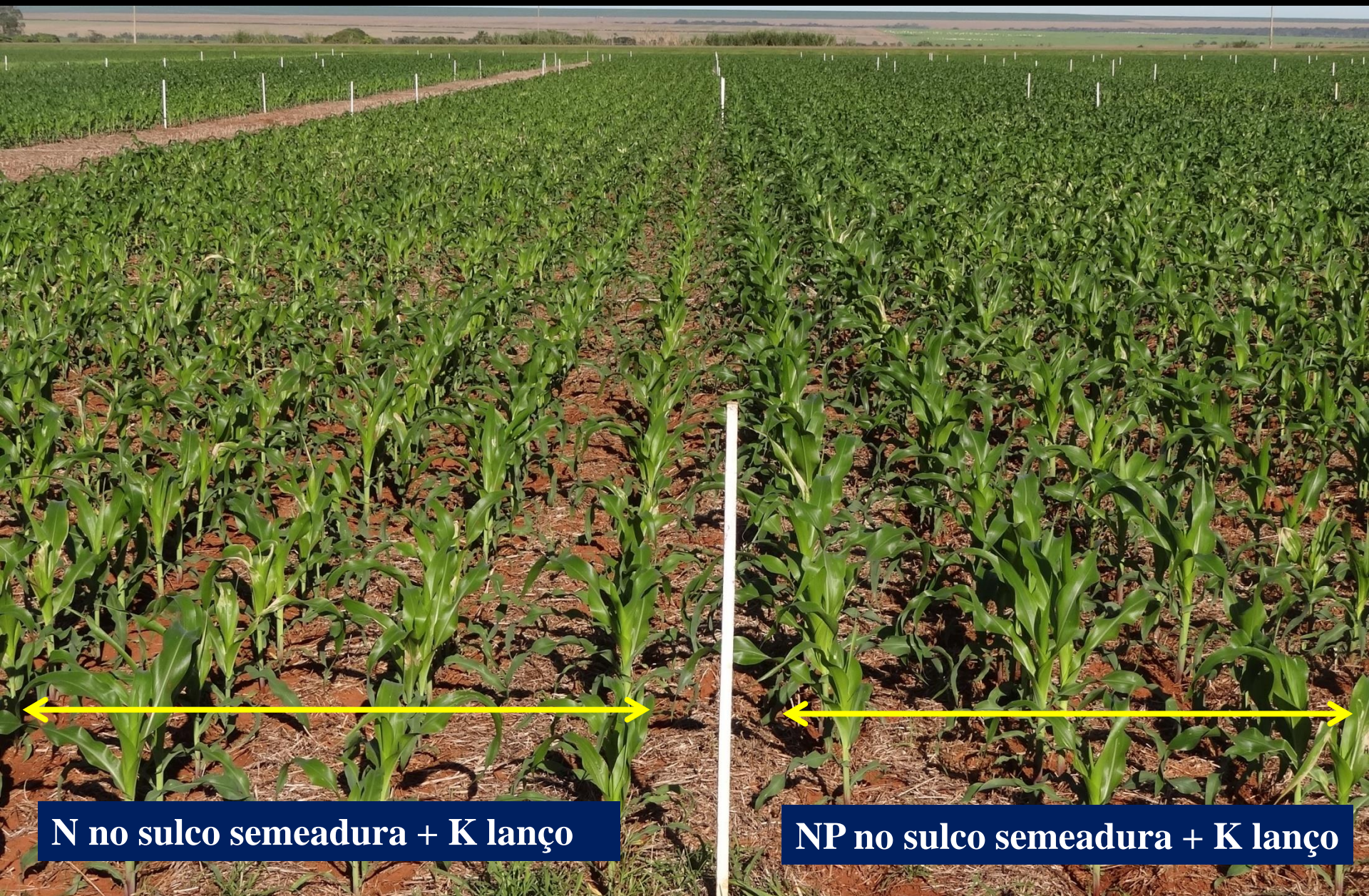
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS – MILHO E SOJA



Testemunha (K a lanço)

NP no sulco semeadura + K lanço

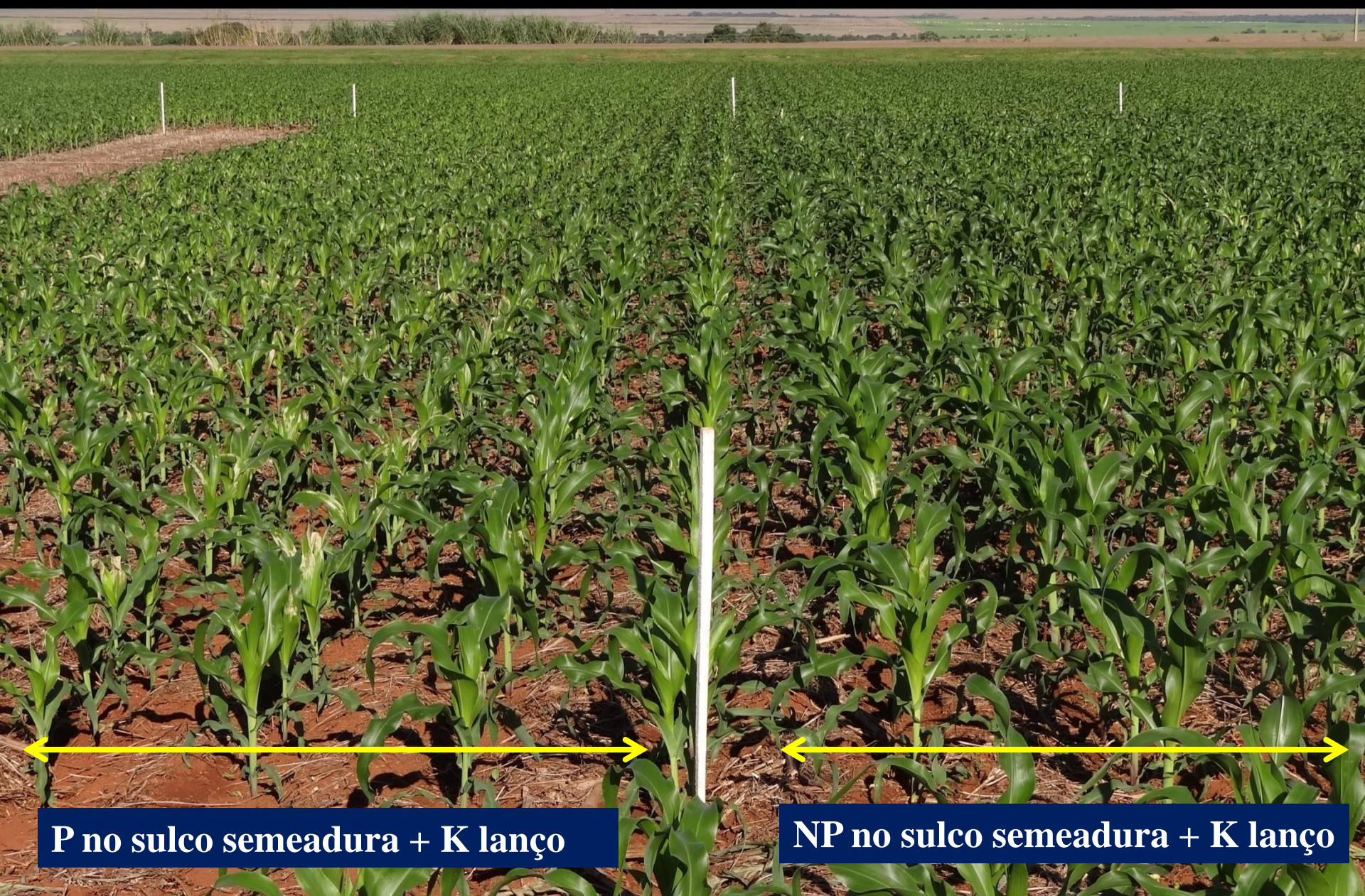
ADUBAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS – MILHO E SOJA



N no sulco semeadura + K lanço

NP no sulco semeadura + K lanço

ADUBAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS – MILHO E SOJA

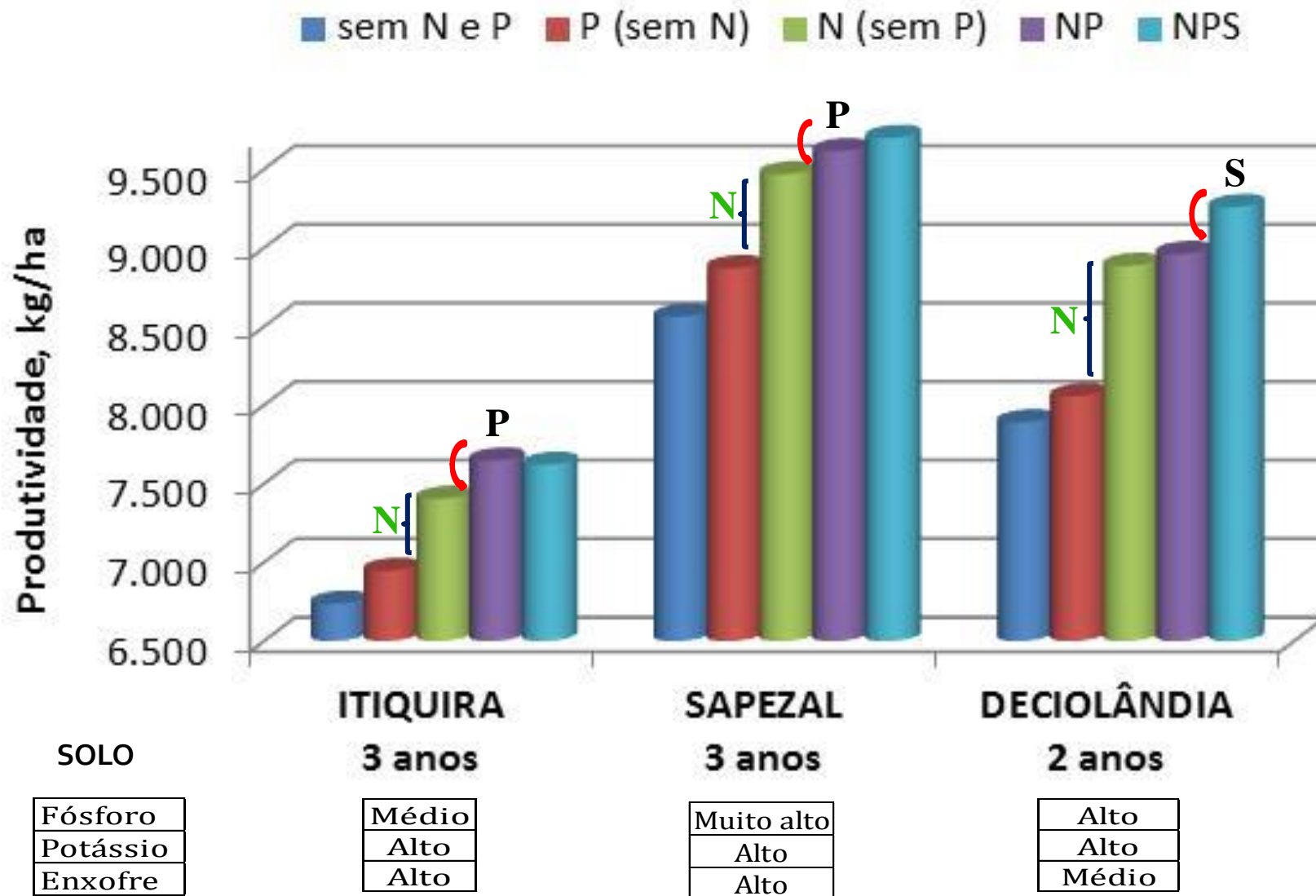


P no sulco semeadura + K lanço

NP no sulco semeadura + K lanço

Adubação na semeadura do milho safrinha (Média: 2 ou 3 anos por local)

EFEITO DA ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO, FÓSFORO e S

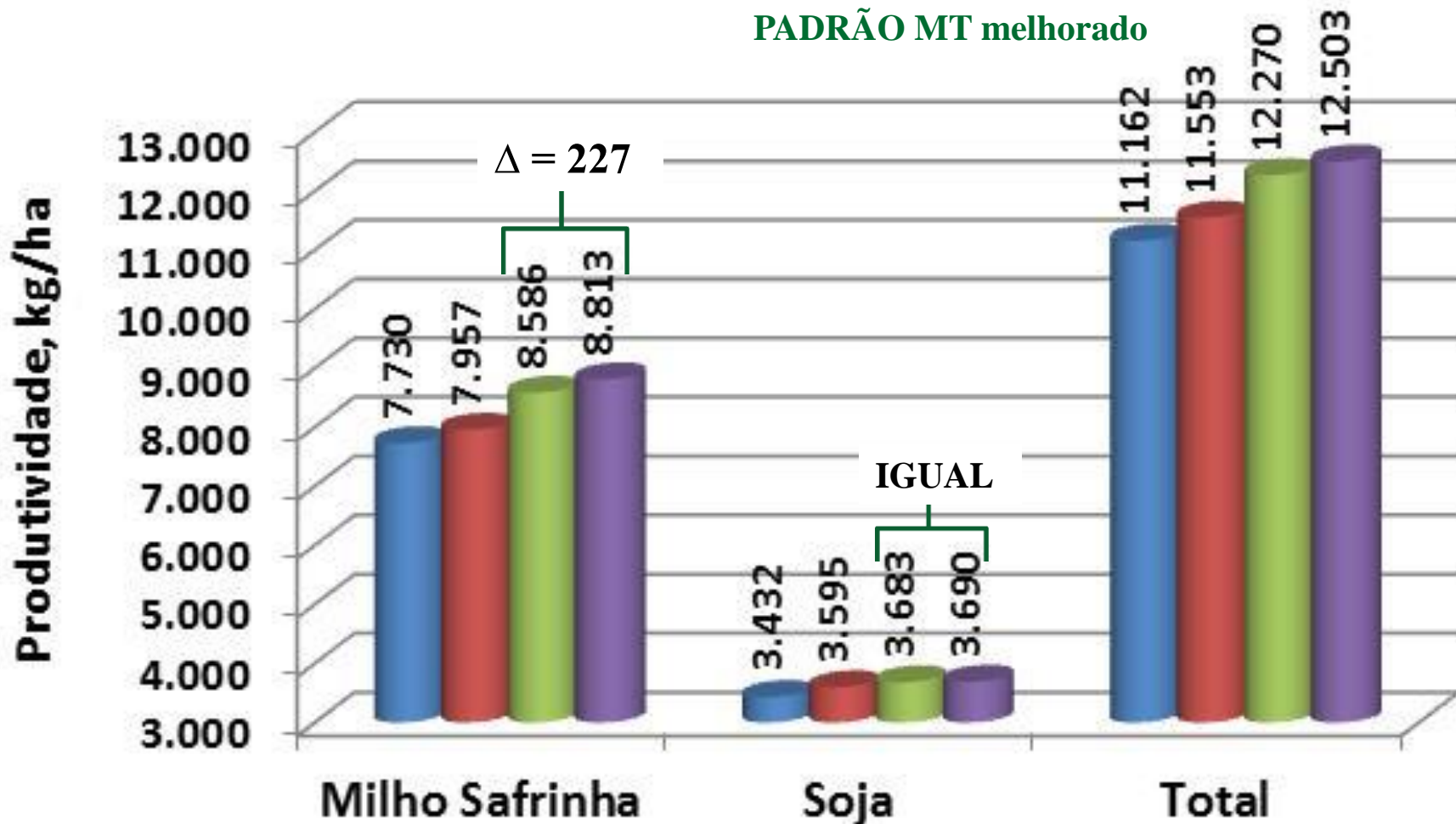


Adubação na semeadura do milho safrinha e soja (Média: 3 anos e 3 locais)

MILHO SOJA MILHO SOJA MILHO SOJA MILHO SOJA

■ Sem P => Sem P ■ P (sem N) => Sem P ■ Sem P (com N) => P ■ NP/NPS => Sem P

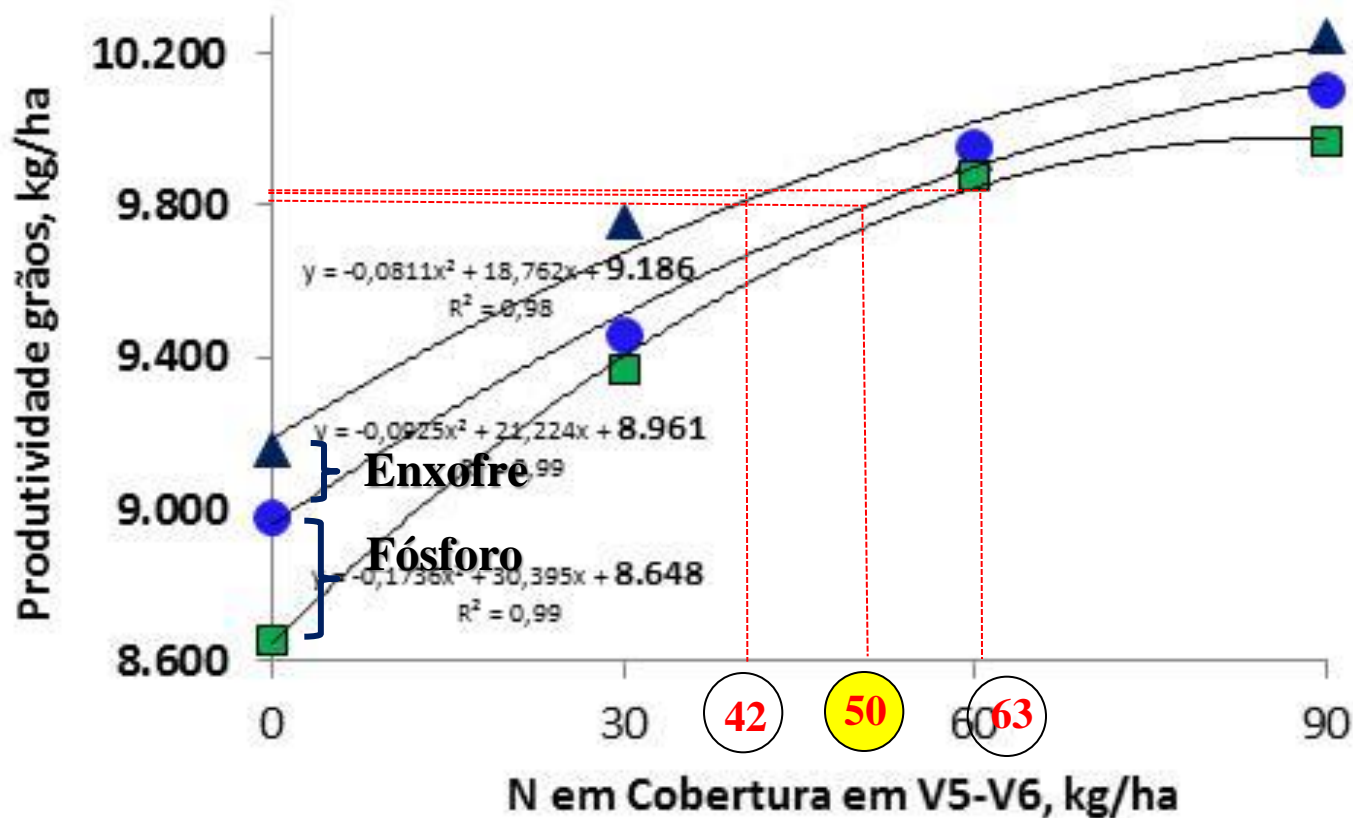
PADRÃO MT melhorado



N, P e S na Semeadura versus N em cobertura

Milho Safrinha, Sapezal-MT, 3 anos

- ▲ N na semeadura = 39 kg/ha + P + S
- N na semeadura = 39 kg/ha + P
- N na semeadura = 39 kg/ha

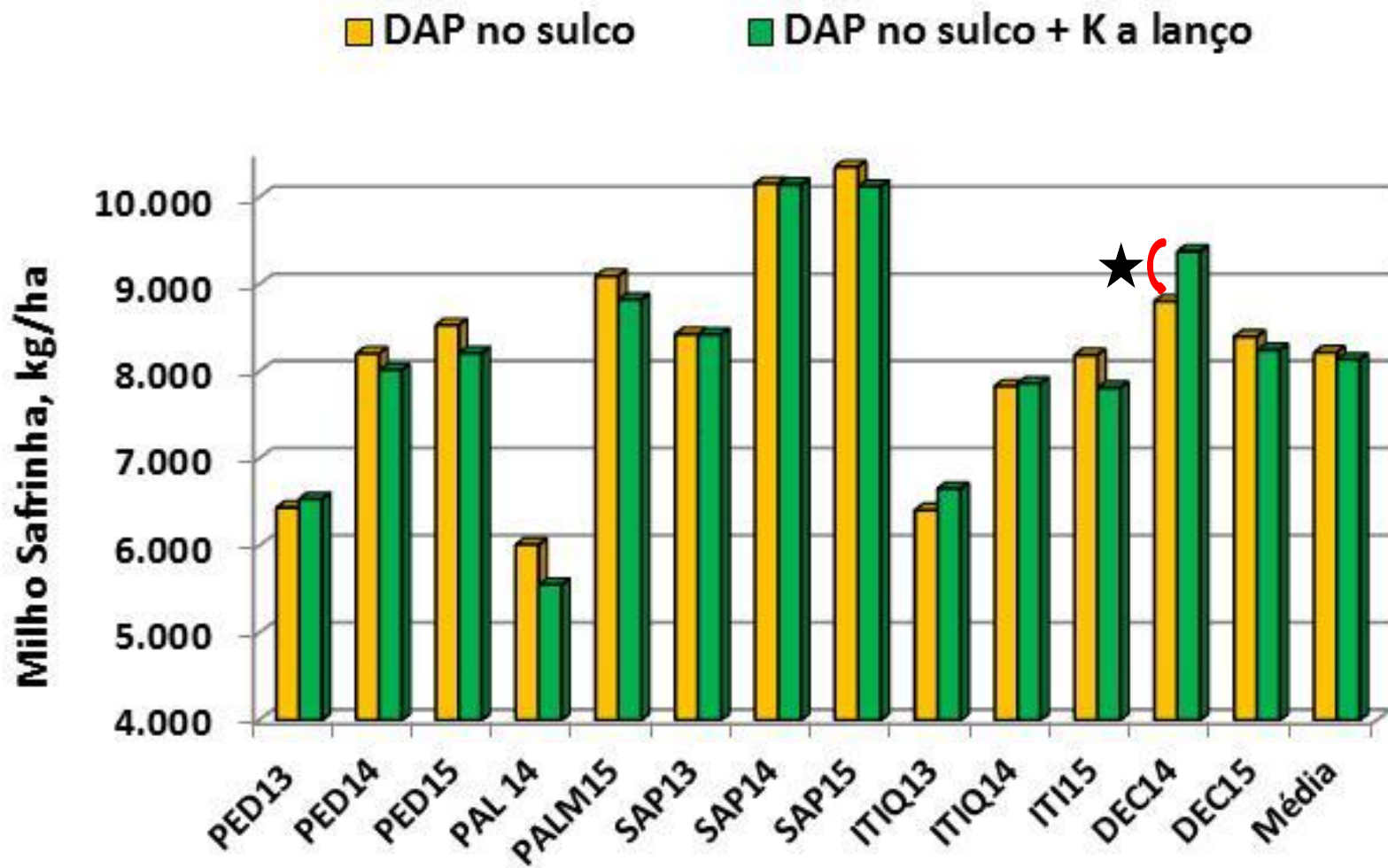


Adubação Fosfatada no Milho Safrinha

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

A adubação do milho safrinha com fósforo e enxofre aumenta a eficiência de uso do N em cobertura, conseqüentemente, gera economia na dose para atingir a máxima produtividade econômica.

Efeito da Omissão de POTÁSSIO - Milho Safrinha em SP e MT



PRIORIDADES DA ADUBAÇÃO DO MILHO SAFRINHA

- 1 = NITROGÊNIO NA SEMEADURA
- 2 = NITROGÊNIO EM COBERTURA
- 3 = FÓSFORO NA SEMEADURA

ENXOFRE NA SEMEADURA E/OU

POTÁSSIO NA SEMEADURA OU COBERTURA

MICRONUTRIENTES ?

Adubação no sulco = adicionar Zn na fórmula NPK

Adubação a lanço = Zn e outros via foliar

CONSÓRCIO MILHO SAFRINHA E BRAQUIÁRIA

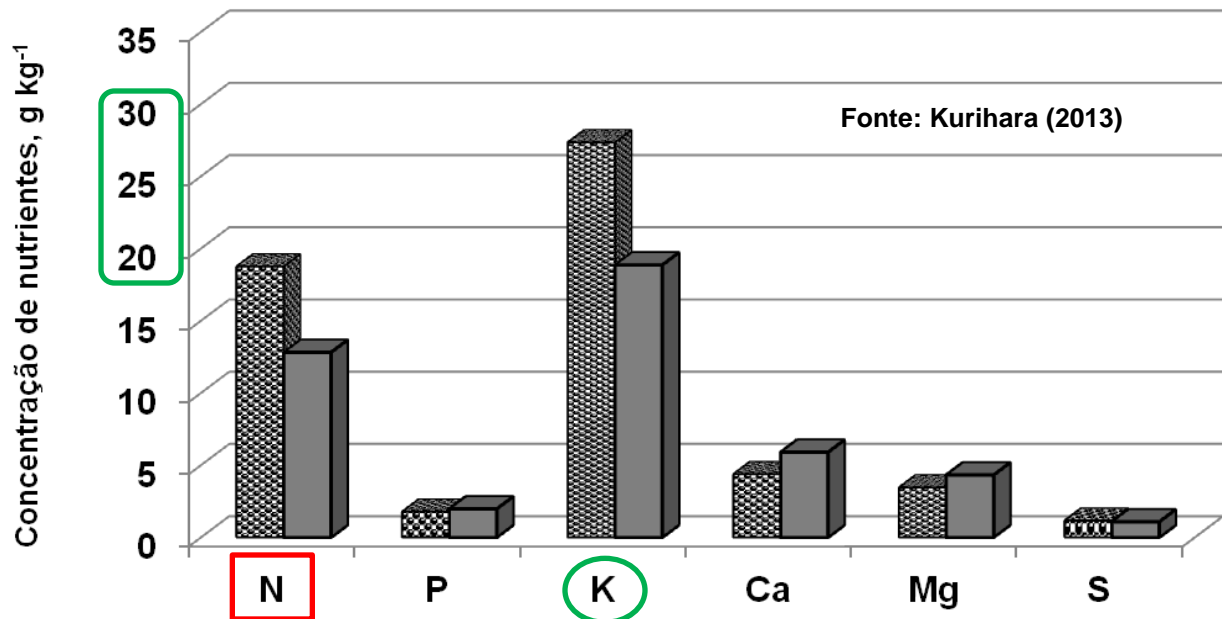
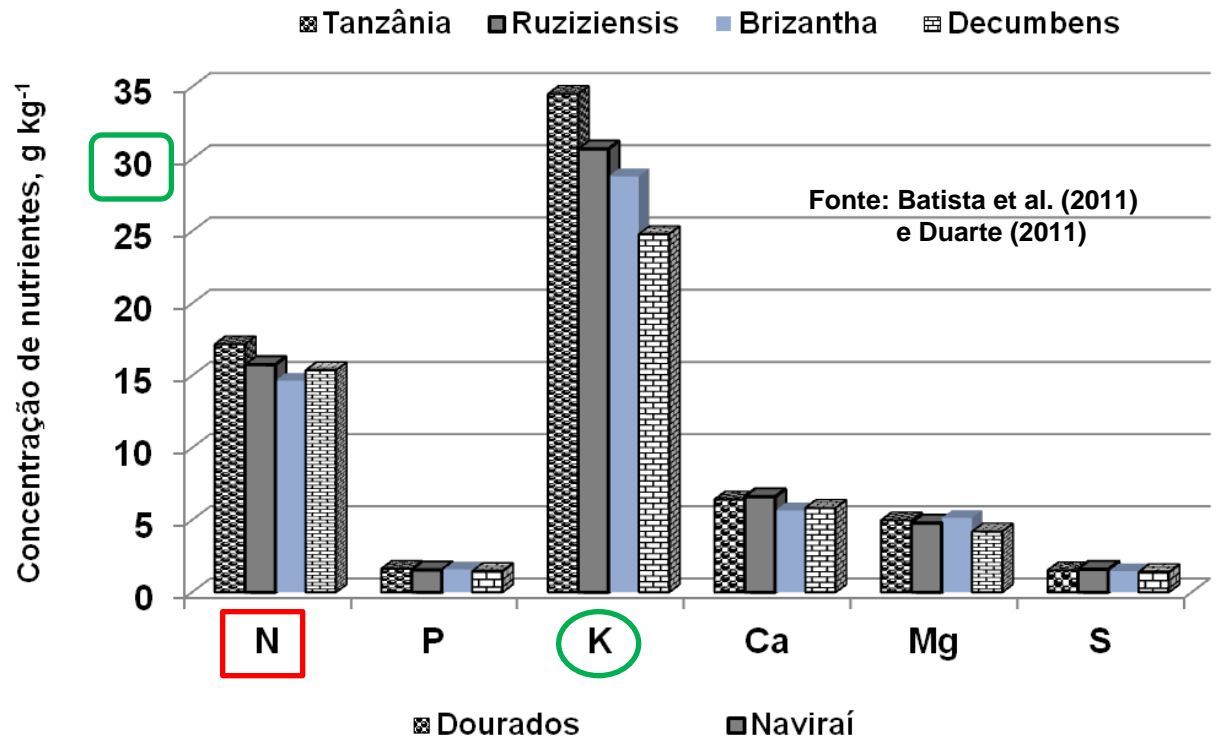
Qual a contribuição da braquiária na ciclagem de nutrientes?

NUTRIENTES NAS FORRAGEIRAS NA MATURIDADE DO MILHO

São Paulo
Média 4 locais em
2 anos: 2008 e 2009

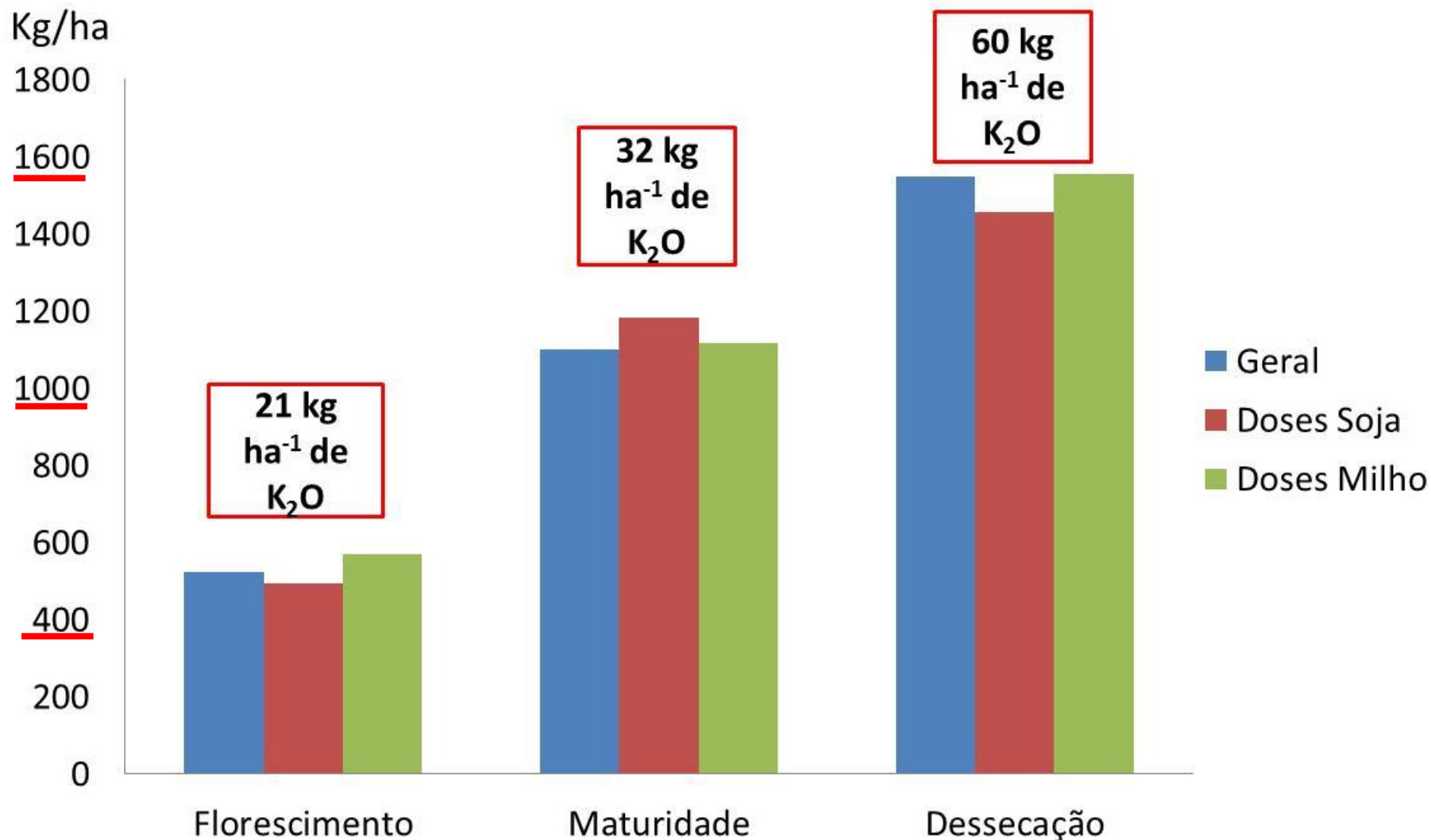
**35 kg ha⁻¹ de K₂O
por tonelada de M.S.**

Mato Grosso do Sul
Média ensaios N, P e K
2 anos: 2010 e 2011





Acúmulo de Massa Seca e Potássio na Braquiária Consortiado com Milho Safrinha – Palmital 2014



Consórcio Milho Safrinha e Braquiária: Reciclagem de Potássio

SOJA 2013/2014

**MILHO SAFRINHA 2014
SOLTEIRO X CONSÓRCIO**

SOJA 2014/2015



**DOSES DE K A LANÇO
ESTÁDIO R1**

**DOSES DE K LANÇO
NA SEMEADURA**

ZERO K

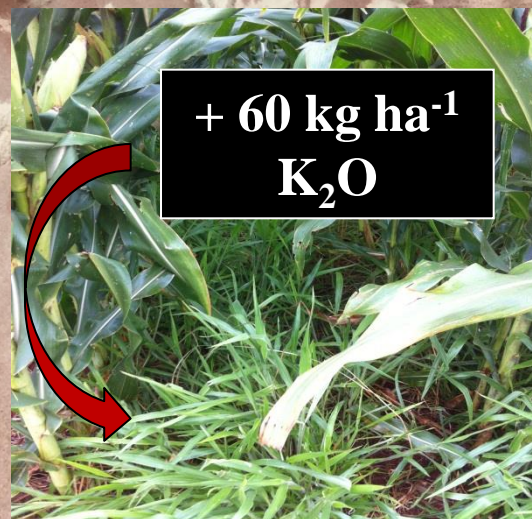
Consumo de Luxo?

Consórcio Milho Safrinha e Braquiária: Reciclagem de Potássio

SOJA 2013/2014

MILHO SAFRINHA 2014
SOLTEIRO X CONSÓRCIO

SOJA 2014/2015



TOTAL EXPORTADO
72 a 100 kg ha⁻¹ de K₂O

BENEFÍCIOS DO CONSÓRCIO NA SOJA EM SUCESSÃO

**+ 20 % POTÁSSIO
no SOLO (0-10 cm)**

**Pode não correr aumento
na produtividade
da soja em sucessão**

Milho + Braquiária

Milho Solteiro

CONCLUSÕES

- A adubação nitrogenada é imprecidível na semeadura e pode ser complementada em cobertura;
- É importante associar fósforo ao nitrogênio na semeadura do milho safrinha pra o “efeito de arranque”;
- Em solos argilosos com teor médio/alto de K, planos e sem manchas ou ondulações frequentes, é possível aplicar todo o potássio do sistema na soja.
- Nos ambientes com resposta do milho safrinha à adubação com N e/ou K, a massa da *U. ruziziensi* também é favorecida (o mesmo não acontece para P).



Obrigado!

Aildson Pereira Duarte

aildson@apta.sp.gov.br

www.zeamays.com.br