

Manejo Adequado dos Nutrientes para Produtividades Sustentáveis

Dr. Eros Francisco
IPNI Brasil



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

MATERIAL EDUCATIVO

<http://brasil.ipni.net>

Crop nutrient deficiency photo library



| | |
|--|----|
| Varições nos estoques de carbono e aníons de gases do efeito estufa em solos do Brasil ... | 12 |
| IPNI em Destaque ... | 22 |
| Divulgando a Pesquisa ... | 23 |
| Paralel Agronômico ... | 24 |
| Cursos, Simpósios e outros eventos ... | 26 |
| Publicações Recentes ... | 27 |
| Ponto de Vista ... | 28 |



FERRAMENTAS VIA WEBSITE

Recomendação de adubação e calagem

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Brasil

FertRec'X
(Avaliação de Análises de Plantas, Solos e Recomendação de Adubação)

A Análise Foliar e a Análise de Solo são extraordinárias ferramentas para a avaliação do estado nutricional das plantas e da fertilidade do solo que permitem identificar se as condições estão adequadas para o bom desenvolvimento da cultura e as necessidades para um adequado programa de adubação, principalmente associando-se os resultados dos diagnósticos com outras informações como: adubações utilizadas, manejo da fertilidade, produtividade e outras observações no campo.

Para obter mais informações, escolha uma das opções abaixo:

DRIS **FERTIGRAMAS**

IAC-SP, CFSE-MG, EMBRAPA, EMBRAPA-Cerrados, CQFS-RS/SC e Fundação MT. É importante que o sistema escolhido utilize os mesmos métodos de análise das amostras a serem avaliadas, ou seja:

- **Fósforo:** em Resina, para IAC-SP e alternativamente para Embrapa-Cerrados, ou por resina em lâminas no sistema CQFS-RS/SC.
- **pH:** embora não tenha influência na recomendação, o sistema CQFS-RS/SC e o CFSE-MG

<http://brasil.ipni.net>

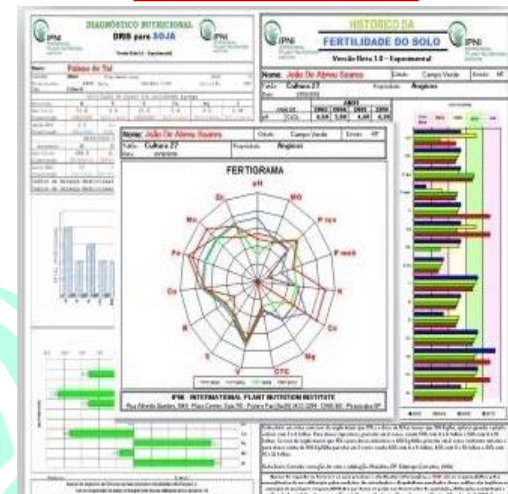
Balanço de nutrientes nas culturas

BALANÇO DE NUTRIENTES NAS CULTURAS

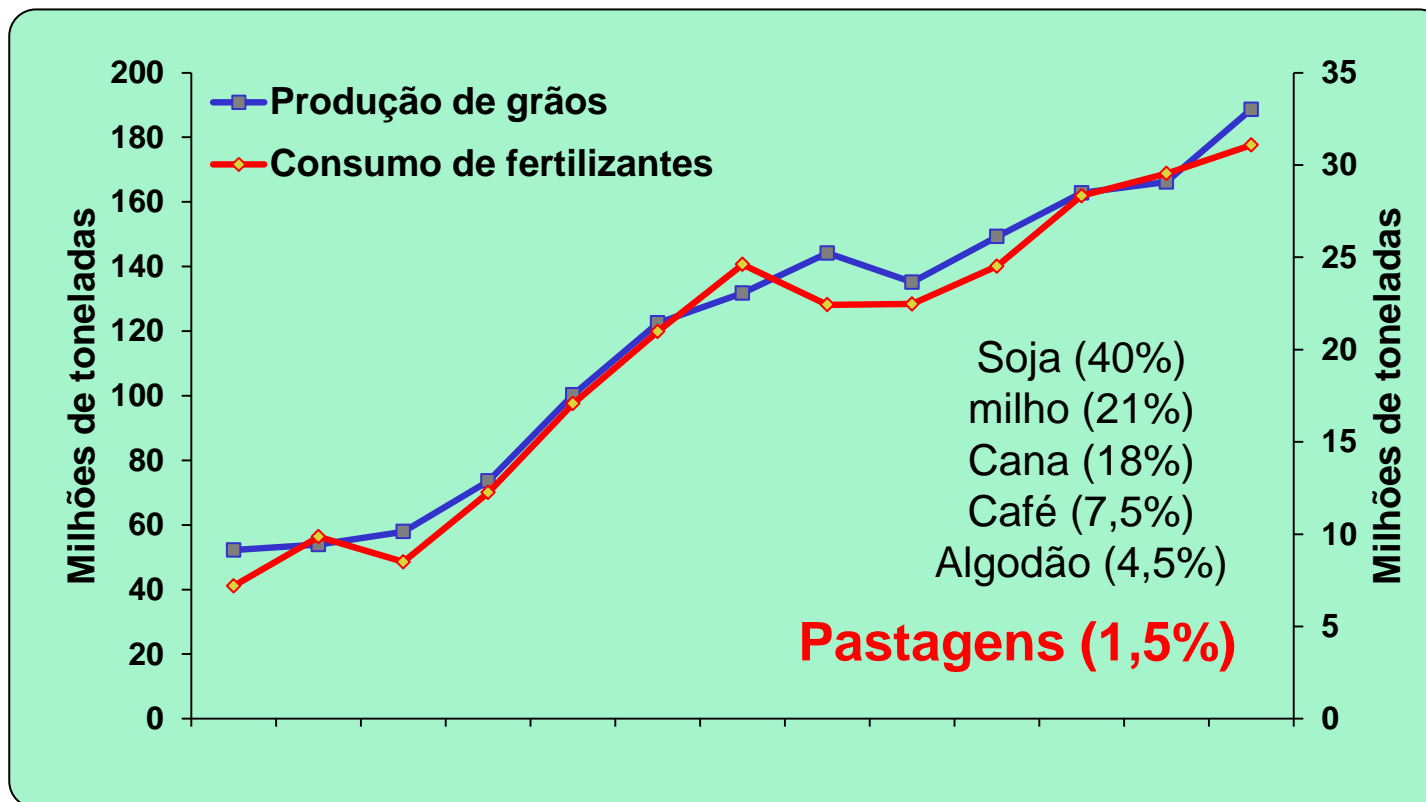
Etapa 01 (Exportação) | Etapa 02 (Adubação) | Etapa 03 (Balanço)

| | Exportação | Adubação | Balanço | Desfrute | FBN |
|--------------|------------|----------|---------|----------|-----|
| | kg/ha | | | | |
| N: | 90.4 | 100 | 9.5 | 90.4 | 0 |
| P2O5: | 31.9 | 100 | 68.1 | 31.9 | |
| K2O: | 86.4 | 150 | 63.6 | 57.6 | |
| Ca: | 31 | 20 | -11 | 155.2 | |
| Mg: | 18 | 20 | 2 | 90 | |
| S: | 36 | 60 | 24 | 60 | |
| | g/ha | | | | |
| B: | 179.6 | 1000 | 820.4 | 18 | |
| Cu: | 38.7 | 0 | -38.7 | | |
| Fe: | 850 | 0 | -850 | | |
| Mn: | 59.8 | 500 | 440.2 | 12 | |
| Mo: | - | 0 | 0 | | |
| Zn: | 49.5 | 500 | 450.5 | 9.9 | |

DRIS



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



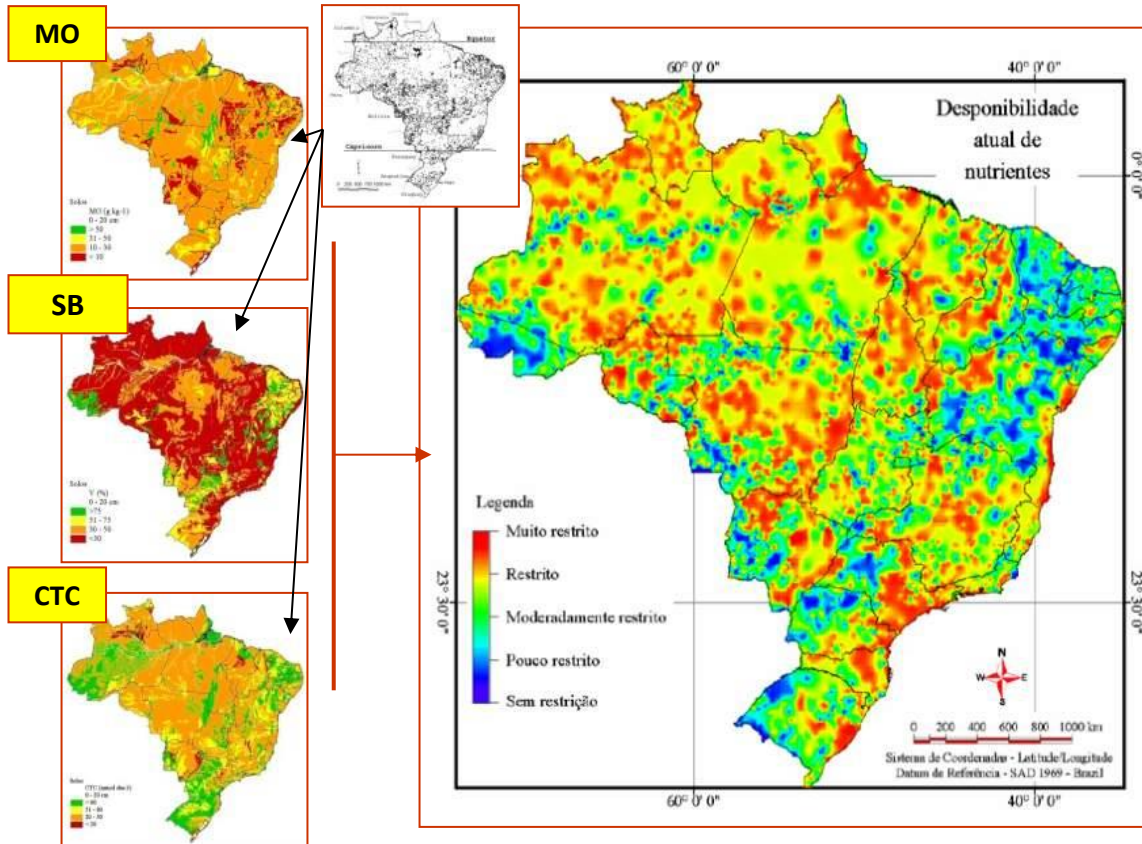
IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

DINÂMICA DE NUTRIENTES NO SOLO



Restrição dos solos brasileiros em relação à fertilidade



Lopes & Fox (1977):

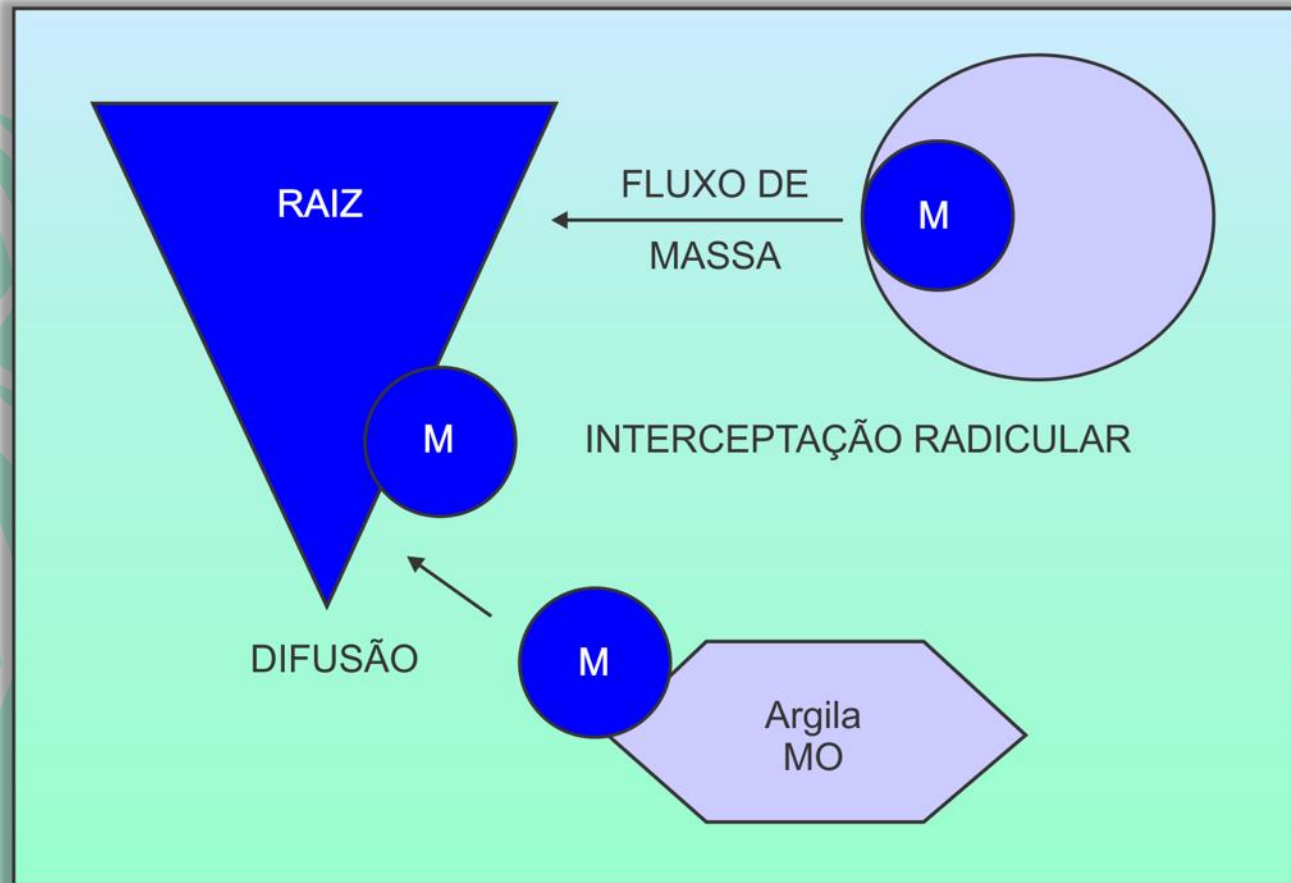
- 518 amostras de terra
- Disponibilidade de P: 0,1 e 16,5 ppm P
- **92% das amostras com P < 2 ppm**

Fonte: Sparovek et al.

"A disponibilidade de P muito baixa é possivelmente a maior limitação para o cultivo de plantas e sua correção pode ser bastante dificultada devido à elevada capacidade de fixação de P destes solos"

Lopes & Fox (1977)

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.



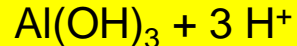
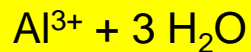
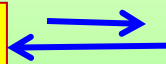
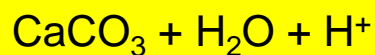
IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

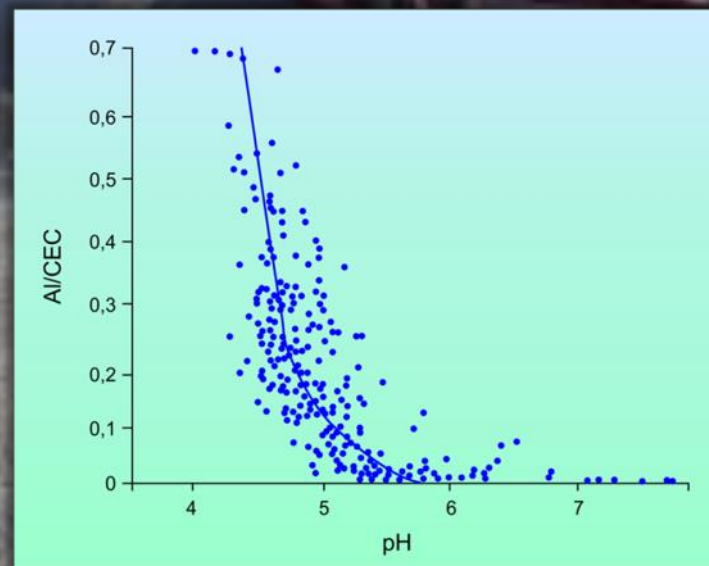
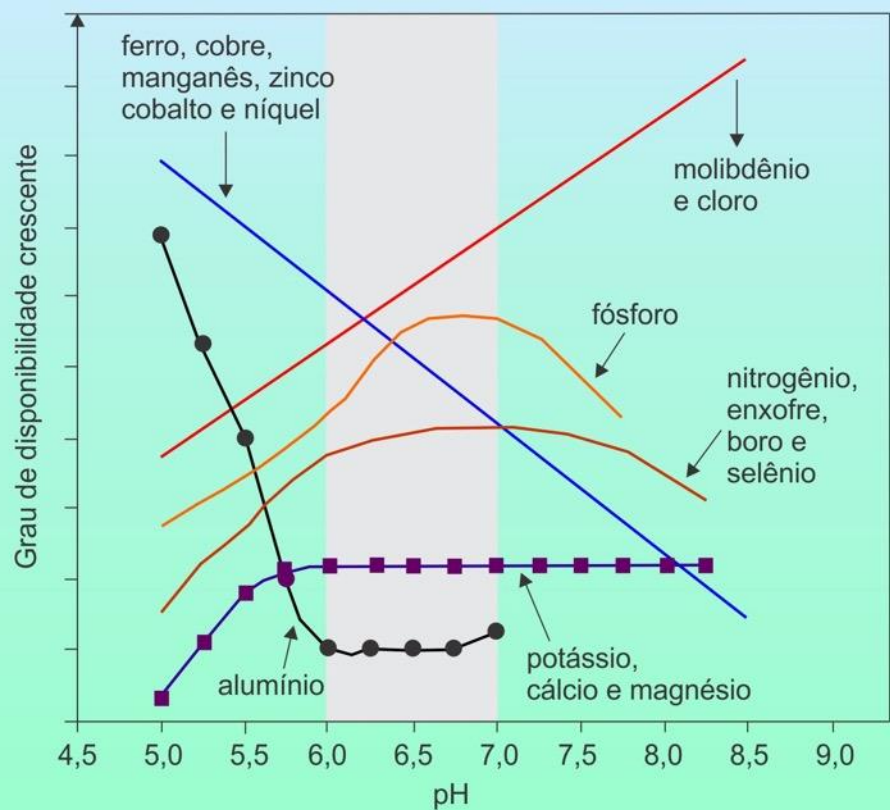
Cálcio, Magnésio e Acidez do Solo



Reações Envolvidas na Calagem 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



Calagem do Solo: critérios de recomendação

1. Critério dos teores de Al, Ca e Mg trocáveis

➤ **Cenário 1: argila >15%, Ca+Mg <2 cmol_c/dm³ e CTC >4 cmol_c/dm³**

✓ NC (t/ha) = [2 x Al + 2 - (Ca + Mg)] x f f = 100 / PRNT

➤ **Cenário 2: argila > 15%, Ca+Mg > 2 cmol_c/dm³ e CTC > 4 cmol_c/dm³**

✓ NC (t/ha) = [2 x Al] x f

➤ **Cenário 3: argila < 15%**

✓ NC (t/ha) = [2 x Al] x f

✓ NC (t/ha) = [2 - (Ca + Mg)] x f

2. Critério da elevação da saturação por bases

✓ NC (t/ha) = [(V2 - V1) x CTC / 100] x f f = 1,5 p/ solos arenosos
2,0 p; solos argilosos

Fonte: Souza e Lobato (2004).

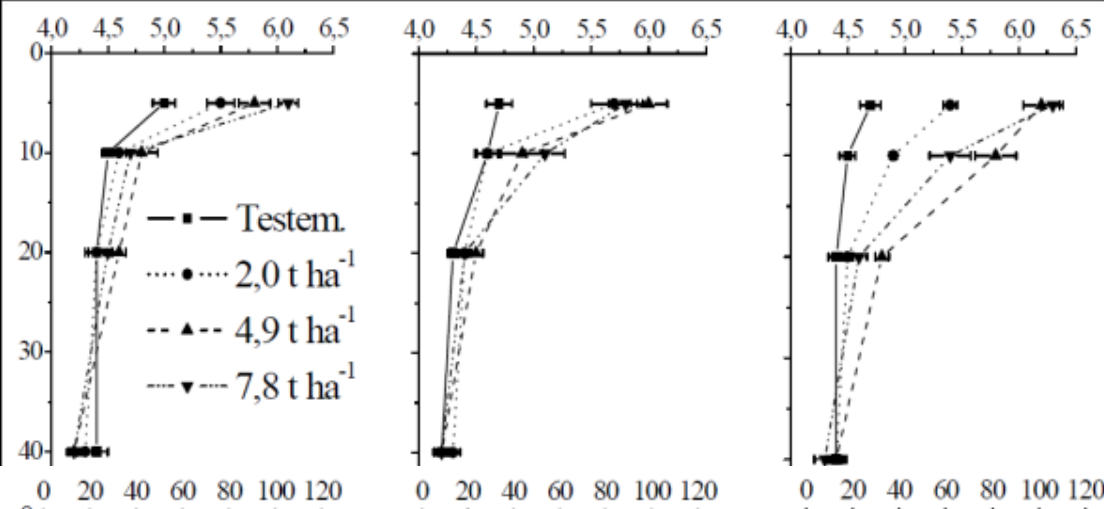


Calagem do Solo: método da V%

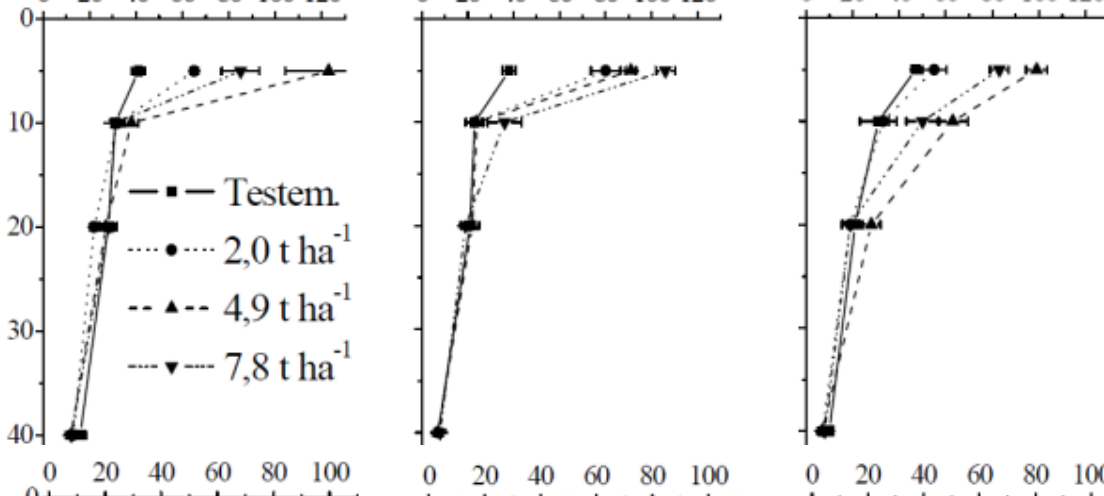
Quantidade de calcário calculada pelo método da saturação por bases (t/ha) para alcançar V% de 40, 50 e 60%, e a quantidade real de calcário (utilizando o método de saturação de bases + fator de correção) para alcançar o V% desejado, em área de primeiro ano de cultivo no Cerrado.

| Local | V% inicial | V% almejada | Cal (t/ha) PRNT 80% | V% obtida | Calcário necessário (t/ha) |
|--------------------------|------------|-------------|---------------------|-----------|----------------------------|
| Campo Novo Parecis-MT | 8,3 | 40 | 2,5 | 24,6 | 4,6 |
| | 8,3 | 50 | 3,3 | 30,6 | 5,8 |
| | 8,3 | 60 | 4,1 | 36,7 | 6,9 |
| Nova Mutum- MT | 9,0 | 40 | 2,8 | 26,8 | 4,1 |
| | 9,0 | 50 | 3,7 | 33,8 | 5,6 |
| | 9,0 | 60 | 4,7 | 39,4 | 7,4 |

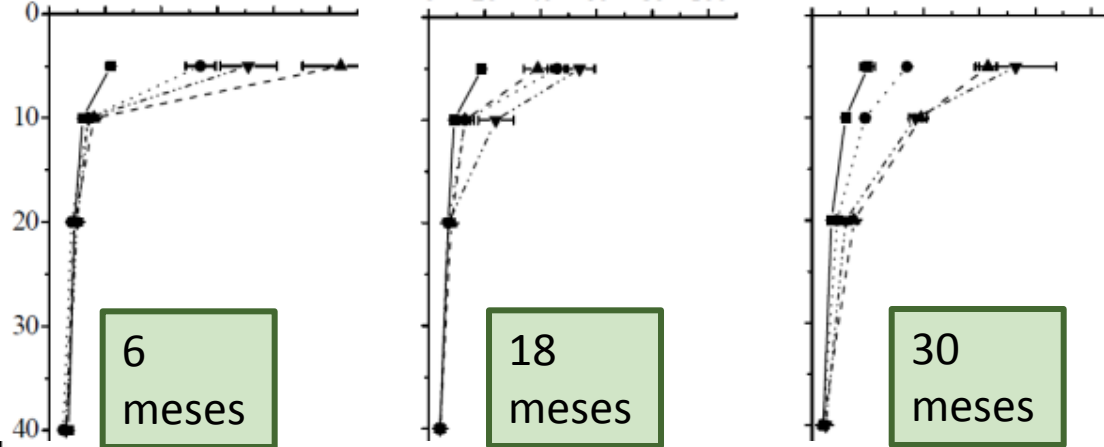
Fonte: Fundação MT/PMA – Dados não publicados



pH CaCl₂



Ca (mmol_c dm⁻³)



Mg (mmol_c dm⁻³)

Fonte: Cambri, MA (2004)

6 meses

18 meses

30 meses

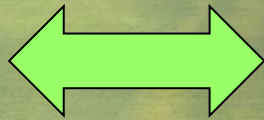
Qualidade operacional



**FONTE: MÁRCIO VERONESE, FUNDAÇÃO MT/PMA
(2012)**

Qualidade operacional

AREA ABERTA PELO
NOVO DONO



ÁREA ANTIGO
DONO

FAIXA DE CALCÁRIO



Fonte: Haroldo Hoogerheide, Fundação MT
(2010).



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Equilíbrio iônico no complexo de troca

Interpretação dos teores de Ca, Mg e K na camada de 0-20 cm e suas relações para solos do Cerrado

| Classe | Ca | Mg | K | Faixa | Relação | | | |
|----------|------------------------------------|-----------|---------------------|----------|---------|---------|--------|------------|
| | cmol _c dm ⁻³ | | mg dm ⁻³ | | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | (Ca+Mg) /K |
| | | | | Baixo | < 2 | < 7 | < 2 | < 10 |
| Baixo | < 1,5 | < 0,5 | < 25 | Médio | | 7 -14 | 2 - 4 | 10- 19 |
| Adequado | 1,5 - 7,0 | 0,5 - 2,0 | 25 - 50 | Adequado | 1,5 - 7 | 15 - 25 | 5 - 15 | 20 - 20 |
| Alto | > 7,0 | > 2,0 | > 50 | Alto | > 7 | > 25 | > 15 | > 30 |

Fonte: Souza e Lobato (2004).



Mascarenhas et al. Calcário e potássio para a cultura da soja. *Scientia Agricola*, v.57, n.3, 2000.

TABELA 1 - Relações quadráticas entre variável independente (dose de K₂O) e a variável dependente (produtividade de grãos de soja), fixando-se o fator calcário ou cultivar, e às respectivas doses da produtividade de eficiência física máxima.

| Ano | Calcário | Equação | R ² | ŷ máx. | X máx. |
|-----------------|--------------------------------|---|----------------|---------------------------------|--------|
| | ----- t ha ⁻¹ ----- | | | ----- kg ha ⁻¹ ----- | |
| 1991/92 | 3,5 | $\hat{Y} = 1336,5 + 1,073X - 0,000647X^2$ | 0,891 | 1781 | 829 |
| 1991/92 | 7,0 | $\hat{Y} = 1526,2 + 4,829X - 0,003876X^2$ | 0,981 | 3030 | 626 |
| 1992/93 | 3,5 | $\hat{Y} = 1232,4 + 3,592X - 0,00595X^2$ | 0,960 | 1775 | 302 |
| 1992/93 | 7,0 | $\hat{Y} = 1759,1 + 6,349X - 0,00949X^2$ | 0,875 | 2821 | 335 |
| 1993/94 | 0,0 | $\hat{Y} = 1174,8 + 2,453X - 0,00293X^2$ | 0,967 | 1668 | 419 |
| 1993/94 | 3,5 | $\hat{Y} = 1065,9 + 4,162X - 0,00541X^2$ | 0,997 | 1866 | 385 |
| 1993/94 | 7,0 | $\hat{Y} = 1290,7 + 4,582X - 0,00451X^2$ | 0,989 | 2454 | 508 |
| Média de 3 anos | 0,0 | $\hat{Y} = 1532,4 - 0,645X + 0,000898X^2$ | 0,952 | 1417 | 359 |
| Média de 3 anos | 3,5 | $\hat{Y} = 1325,6 + 4,017X - 0,00525X^2$ | 0,996 | 2094 | 383 |
| Média de 3 anos | 7,0 | $\hat{Y} = 1325,2 + 5,252X - 0,00596X^2$ | 0,998 | 2898 | 441 |

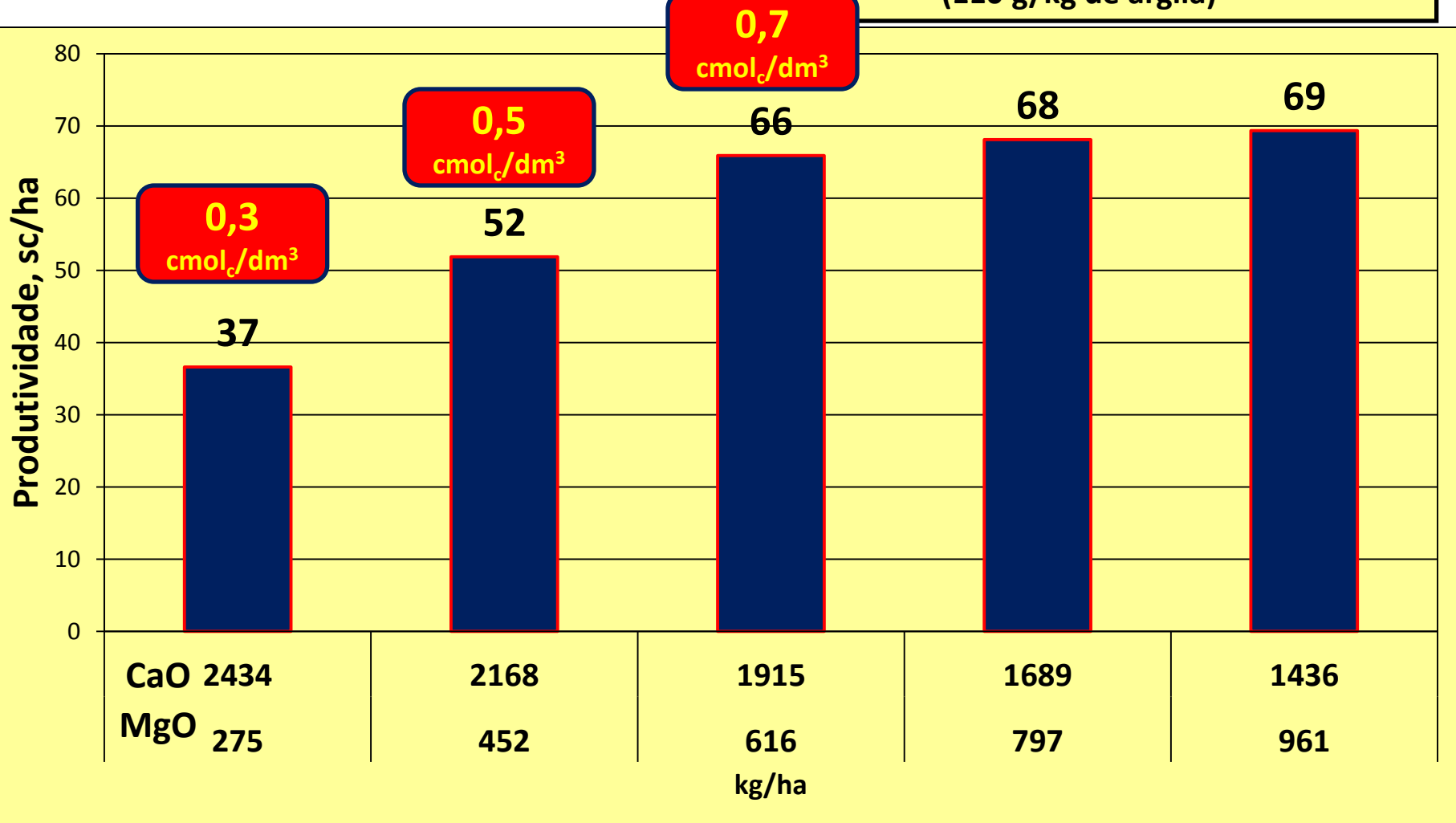
TABELA 2 - Relação (Ca+Mg)/K no solo em função de doses de potássio em presença de todos níveis da calagem.

| K ₂ O | 1992/93 (Ca + Mg)/K | 1993/94 (Ca + Mg)/K | Média |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| -- kg ha ⁻¹ -- | | | |
| 0 | 105 | 244 | 175 |
| 150 | 38 | 59 | 49 |
| 300 | 21 | 25 | 23 |
| 450 | 15 | 13 | 14 |
| 600 | 12 | 8 | 10 |



Efeito de Mg na produtividade de soja

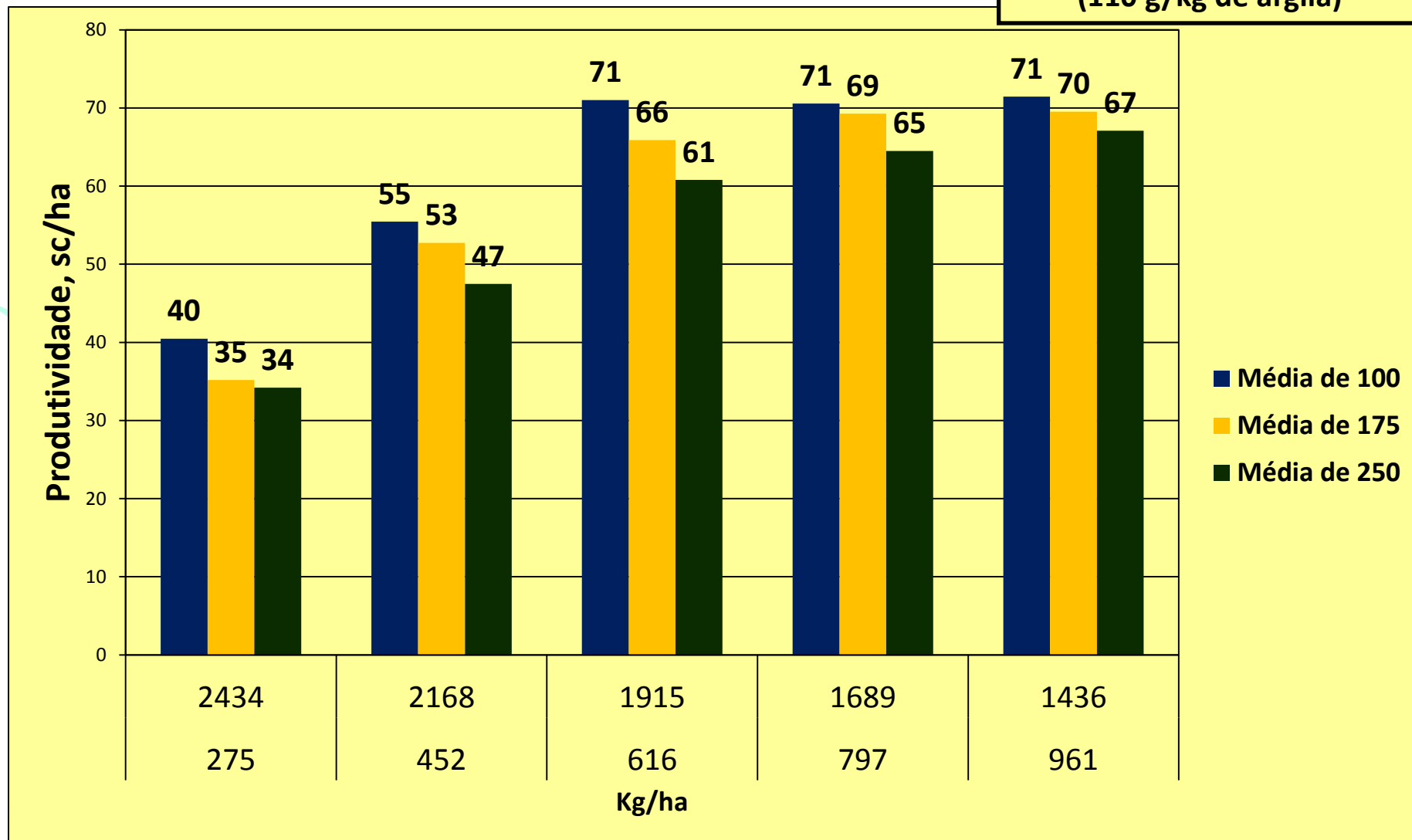
Neossolo Quartzarênico
(110 g/kg de argila)



Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2009/2010

Efeito de Mg na produtividade de soja

Neossolo Quartzarênico
(110 g/kg de argila)



Fonte: Fundação MT/PMA – Safra 2009/2010



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Nitrogênio no Solo



Entradas de N no sistema:

- 1. Precipitações Atmosféricas: Descargas Elétricas e Poluição**
- 2. Fixação Biológica: Fixação Assimbiótica e Fixação Simbiótica**
- 3. Fixação Industrial**

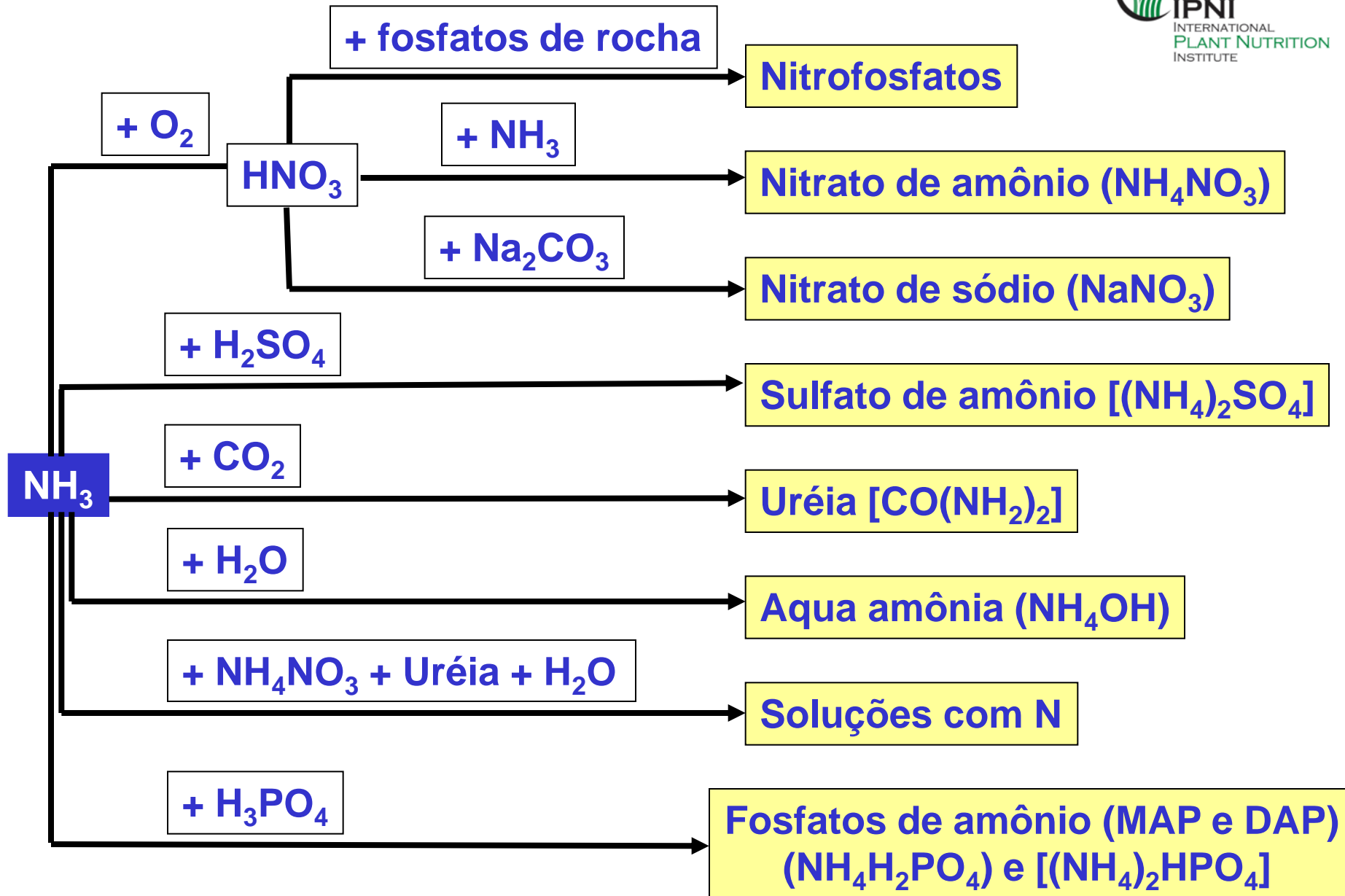
Precipitações Atmosféricas



Incorporação anual: 2 a 10 kg.ha⁻¹ N



Fontes Tradicionais



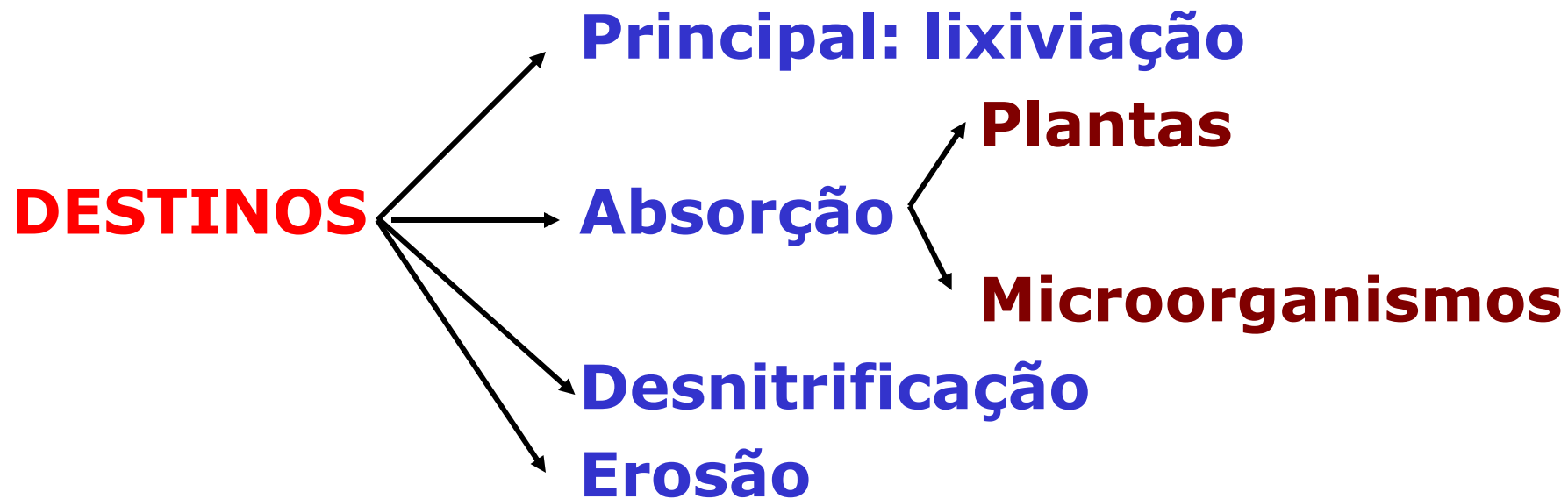
CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS ADUBOS NITROGENADOS

- **Aumentam a acidez do solo**
- **Índice salino relativamente elevado**
- **Solubilidade alta em água**
- **Isento de macronutriente 2^{ários}**

(Exceção: Sulfato de Amônio: 24% S)



Comportamento do NO_3^- no solo



Diminuir velocidade de nitrificação. Como?

- * **Menor oxidação da M.O. do solo**
- * **Parcelar a adubação nitrogenada**
- * **Adubos nitrogenados protegidos**



COMO AUMENTAR A EFICIÊNCIA DOS ADUBOS NITROGENADOS ?

1 - Parcelamento da adubação N;

- ⇒ A dose recomendada de N é alta (>80 kg N/ha)
- ⇒ Solos arenosos
- ⇒ Solos argilosos com baixa CTC
- ⇒ Áreas sujeitas a chuvas com altas intensidades;
- ⇒ Culturas de ciclo longo (Ex: café)
- ⇒ Áreas de irrigação (pivô, aspersão, etc)

2 - Reduzir as perdas por volatilização;

- Incorporação do adubo

3 - Correção dos solos;

- > CTC efetiva
- > crescimento radicular

4 - Espaçamento e potencial de produção;

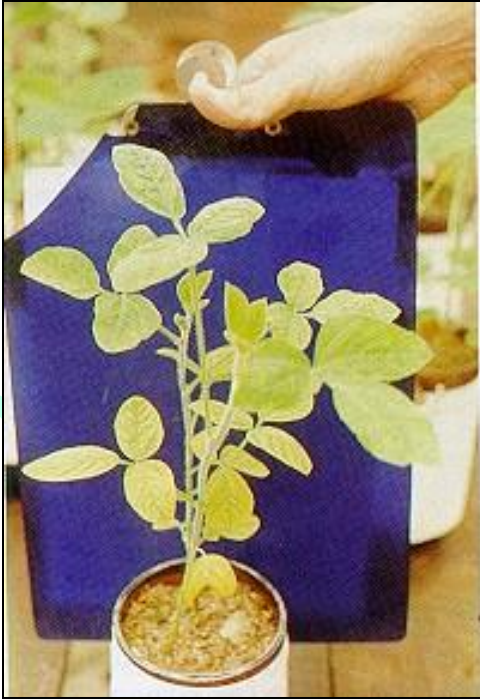
- > espaçamento < eficiência
- > Potencial produção > eficiência

5 - Uso de fertilizantes de solubilidade controlada (+ lenta);

- uréia revestida (S)
- inibidores da urease.
- inibidores da nitrificação

SOJA – Deficiência visual

NITROGÊNIO



Perda da cor verde-escuro, passando a verde-pálido com um leve amarelado e, dias mais tarde, todas as folhas tornam-se amarelas. O sintoma aparece primeiro nas folhas inferiores mas espalha-se rapidamente pelas folhas superiores.



Condições favoráveis para a máxima fixação de N₂

- Inoculação eficiente
- Fornecimento de Mo e Co
- Nutrição balanceada em P e S
- Fornecimento de Ca e Mg
- Sanidade da cultura
- Dose e época de aplicação de N mineral (Feijão)
- Acidez do solo
- Cobertura do solo (T °C)

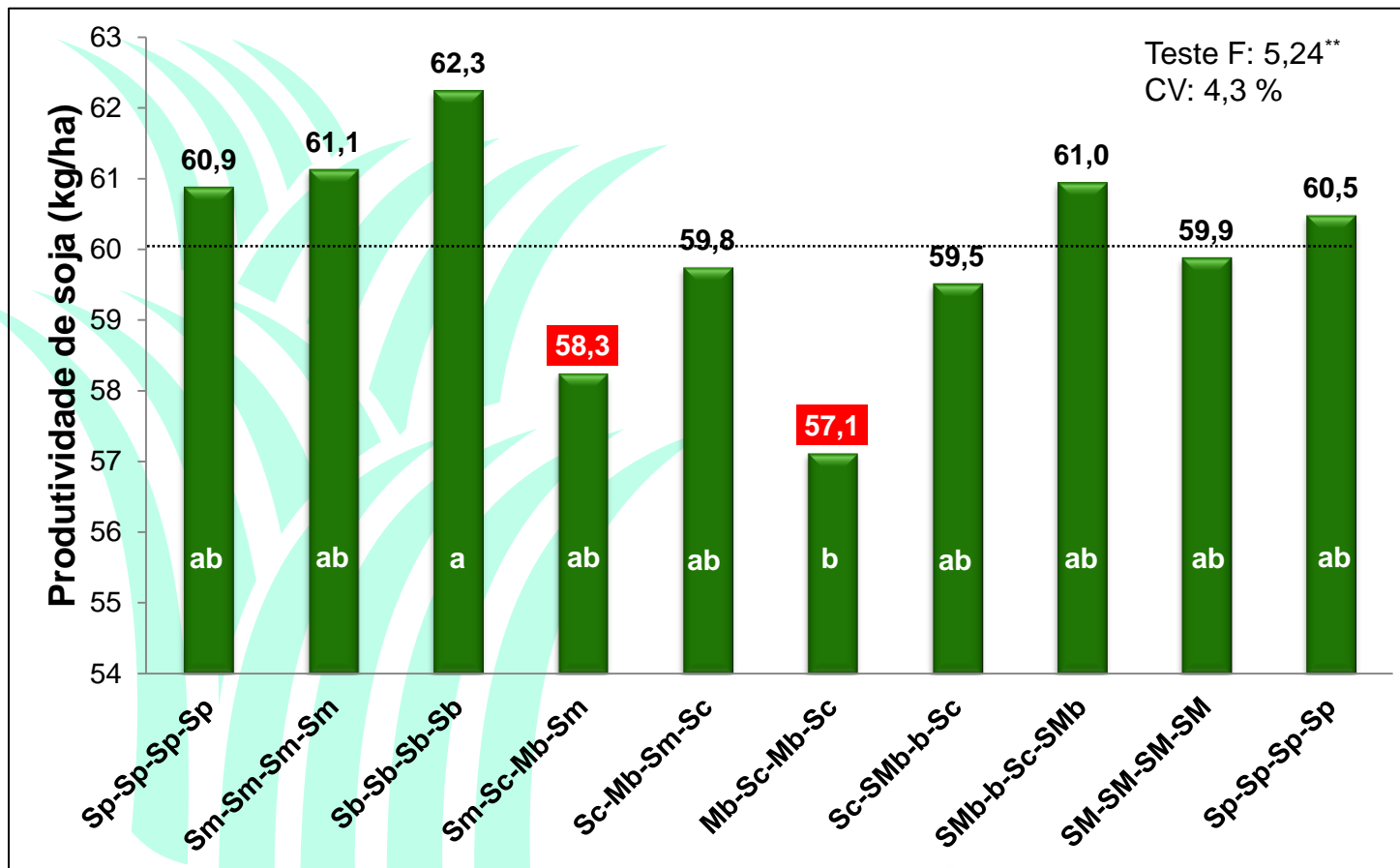


Rotação de Culturas e Produtividade de Soja

Encontro Técnico (2012) – Fundação MT



Produtividade média de soja nos quatro primeiros anos do estudo



Adubação anual:

Soja

50 kg/ha P₂O₅ (SSP)

120 kg/ha K₂O (KCl)

30 kg/ha S (SSP)

0,5 kg/ha B

Milho Safrá

(180 sc/ha)

50 kg/ha P₂O₅

(MAP)

60 kg/ha K₂O (KCl)

120 kg/ha N (Ureia)

1,5 kg/ha Zn

Milho Safrinha

(113 sc/ha)

50 kg/ha P₂O₅ (MAP)

60 kg/ha N (Ureia)

1,5 kg/ha Zn



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Rotação de Culturas e Produtividade de Soja

Encontro Técnico (2012) – Fundação MT



Exportação de nutrientes via grãos e extração de nutrientes pelas plantas de cobertura, médias do três primeiros anos do estudo

| Cultura | Rendimento | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Ca | Mg | S |
|----------------|------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------|------|------|
| | sc/ha | Exportação (kg/ha) | | | | | |
| Soja | 60 | 188,0 | 37,3 | 66,6 | 7,0 | 7,4 | 9,1 |
| Milho Safra | 180 | 166,2 | 68,4 | 47,2 | 3,5 | 9,6 | 10,4 |
| Milho Safrinha | 113 | 113,4 | 31,9 | 33,8 | 3,3 | 6,6 | 7,9 |
| | t/ha | Extração (kg/ha) | | | | | |
| Milheto | 4,7 | 96,9 | 22,7 | 272,9 | 25,0 | 19,1 | 11,3 |
| Braquiária | 7,0 | 106,6 | 20,5 | 353,6 | 30,6 | 24,7 | 9,7 |
| Crotalária | 3,1 | 75,1 | 12,3 | 156,4 | 24,2 | 10,0 | 5,7 |

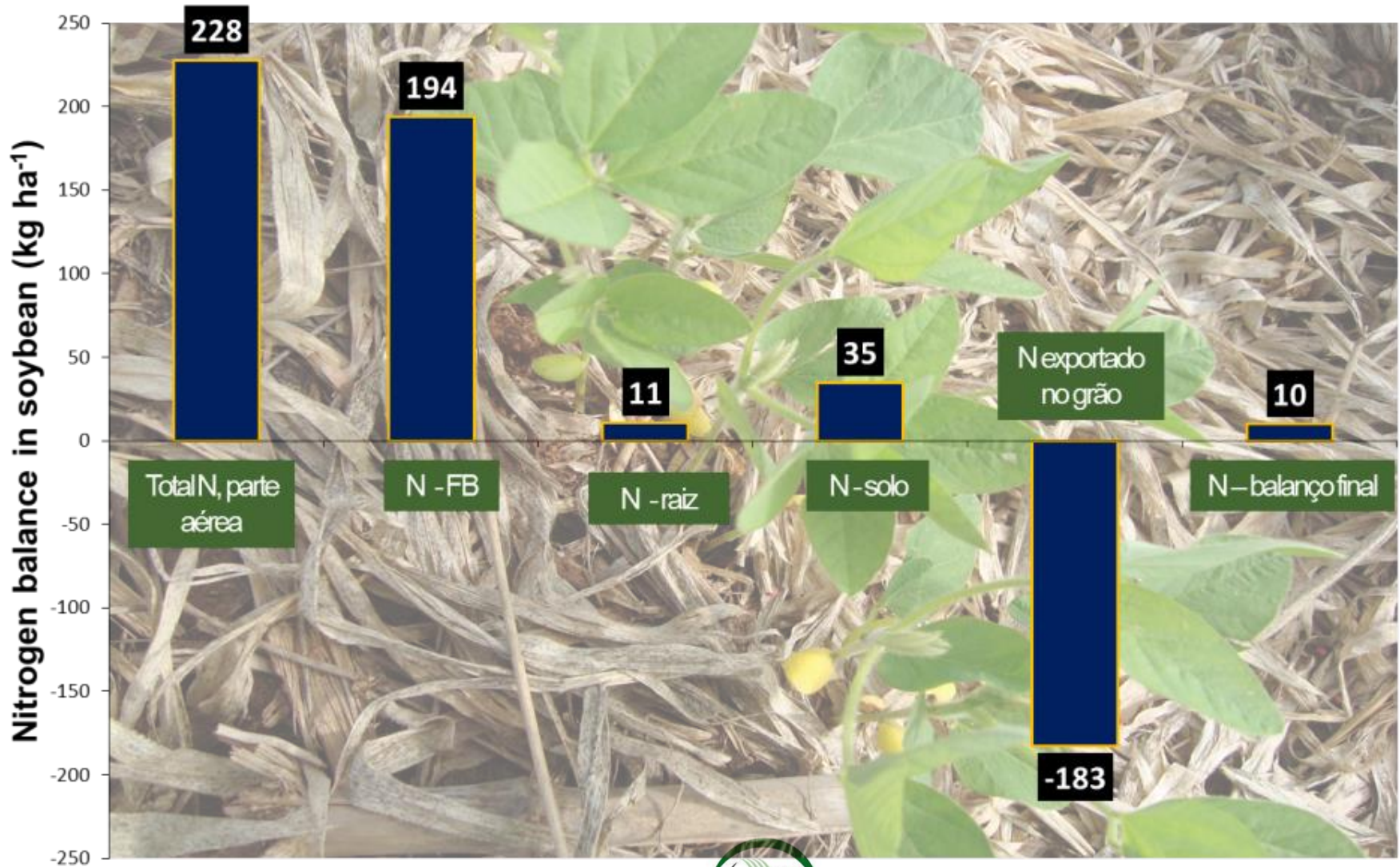
Fonte: Fundação MT/PMA

Soja/Milho
301 kg
N/ha/ano



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

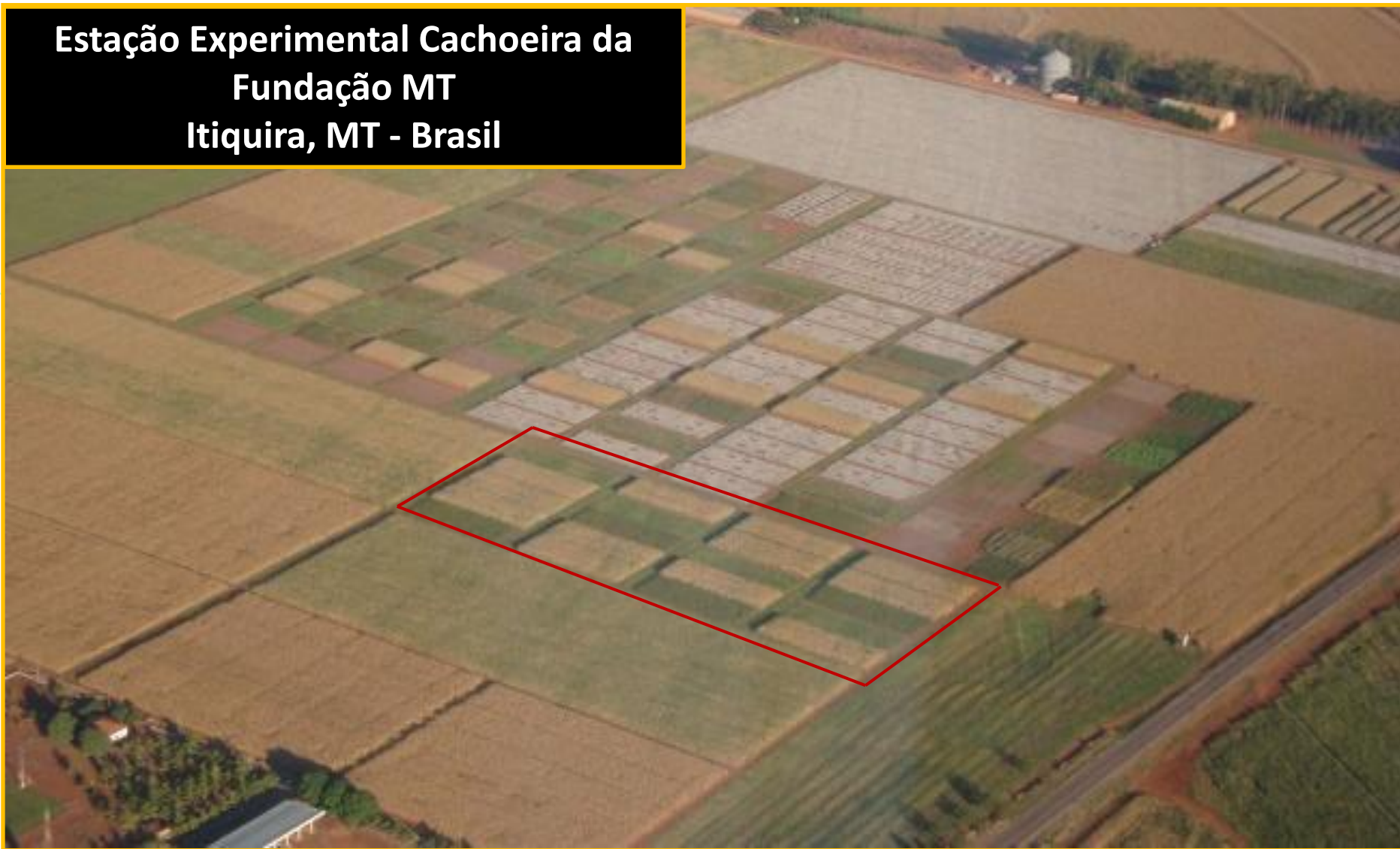
Adubação nitrogenada



Source: Oliveira Júnior et al., 2010 (Adapted from Alves et al., 2006)

Projeto Milho Global – IPNI Brasil

**Estação Experimental Cachoeira da
Fundação MT
Itiquira, MT - Brasil**



0 N

Efeito do N aplicado no milho safrinha anterior

30 N



62,6 sc/ha



63,6 sc/ha

Fonte: IPNI Brasil e Fundação MT/PMA - Safras 10/11



64,5 sc/ha



66,0 sc/ha

60 N

90 N

Adubação nitrogenada na soja

Tabela. Altura final de planta (AFP) e produtividade (PROD) de soja em função da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum* e aplicação de nitrogênio. Fonte: Fundação MT/PMA (2011/12).

| Tratamentos | | AFP — cm — | PROD — sacas/ha — |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------|----------------------|
| Inoculação (I) | | | |
| Sem | | 95,7 b | 52,5 b |
| Com | | 101,5 a | 56,5 a |
| Modo de aplicação do N (M) | | | |
| Semeadura (lanço) | | 102,8 | 54,8 |
| Cobertura (R1) | | 94,3 | 54,2 |
| Dose de N (D) | | | |
| | 0 kg ha ⁻¹ | 95,9 | 53,3 |
| | 80 kg ha ⁻¹ | 99,6 | 55,7 |
| | 160 kg ha ⁻¹ | 100,1 | 53,8 |
| | 240 kg ha ⁻¹ | 98,7 | 55,2 |
| Teste F | I | 36,66 ** | 16,36 ** |
| | M | 78,81 ** | 0,41 |
| | D | 3,81 * | 1,29 |
| | I x M | 0,06 | 0,08 |
| | I x D | 0,66 | 0,30 |
| | M x D | 9,56 ** | 0,37 |
| | I x M x D | 0,01 | 0,06 |
| | CV (%) | 3,86 | 7,39 |
| | Média geral | 98,6 | 54,5 |

** e * – significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Efeito de diferentes coberturas vegetais para a soja

Tabela 1. Valores médios de massa seca de plantas de cobertura (MS) cultivadas na primavera, população final de plantas (PFP), altura final de planta (AFP) e produtividade da soja (PROD), cultivar TMG 1176 RR, após o manejo das coberturas. Fundação MT (2011/12).

| Tratamento | Plantas de cobertura na primavera (2010) | | | |
|-------------------------------|--|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | MS kg ha ⁻¹ | PFP plantas ha ⁻¹ | Soja verão 2011/12 | |
| | | | AFP cm | PROD kg ha ⁻¹ |
| <i>Crotalaria spectabilis</i> | 4.880 | 438.889 | 57,7 b | 4.183 |
| <i>Crotalaria juncea</i> | 15.040 | 400.000 | 64,2 b | 4.107 |
| Mucuna-preta | 4.865 | 377.778 | 62,5 b | 4.068 |
| Feijão-guandu | 19.875 | 394.444 | 65,8 b | 3.946 |
| <i>Crotalaria breviflora</i> | 4.385 | 411.111 | 56,7 b | 3.915 |
| Feijão-caupi | 5.750 | 383.333 | 60,8 b | 3.839 |
| Estilosante | 4.775 | 444.444 | 60,8 b | 3.822 |
| Milheto | 7.620 | 422.222 | 74,2 a | 3.635 |
| Capim-sudão | 6.105 | 427.778 | 71,7 a | 3.580 |
| <i>Brachiaria ruziziensis</i> | 5.125 | 416.667 | 72,5 a | 3.424 |
| Teste F | – | 2,06 ^{NS} | 3,56 ^{**} | 1,21 ^{NS} |
| CV (%) | – | 5,4 | 12,5 | 8,2 |
| Média geral | 7.842 | 411.667 | 64,7 | 3.852 |

^{**} e ^{NS} – significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade. CV – coeficiente de variação experimental.

Adubação nitrogenada

Demoplot na Fazenda GMC em Rondonópolis-MT:

- ✓ Área 1 (3,25 ha): 300 kg/ha de 00-20-10 (sulco) + 100 kg/ha de KCl (cobertura);
- ✓ Área 2 (3,25 ha): 350 kg/ha de 07-17-09 (sulco) + 100 kg/ha de KCl (cobertura);
- ✓ Variedade P98Y11, semeada em 25/out e colhida em 13/fev;

Tabela 1. Estande, altura final de plantas, número de grãos por vagem, peso de grãos e produtividade da soja em função dos tratamentos empregados na safra 2012/2013.

| Trat. | Estande | Altura final | # vagens por planta | | | | | Peso grãos | Produ | |
|-------|---------|--------------|---------------------|-----|------|------|-----|------------|-------|-------|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | | g | kg/ha |
| Sem N | 11,2 | 59 | 1,0 | 5,8 | 20,3 | 29,2 | 0,0 | 161,2 | 3,750 | 62,5 |
| Com N | 11,6 | 63 | 1,3 | 3,7 | 21,9 | 30,0 | 0,0 | 161,0 | 3,849 | 64,2 |

Estande e altura final de plantas: média de 3 amostragens

Número de grãos por planta: média de 9 amostragens

Produtividade: colheita mecanizada da área total

Fonte: IPNI/GMC (2013)

Produtividade de milho safrinha em resposta à adubação NPS



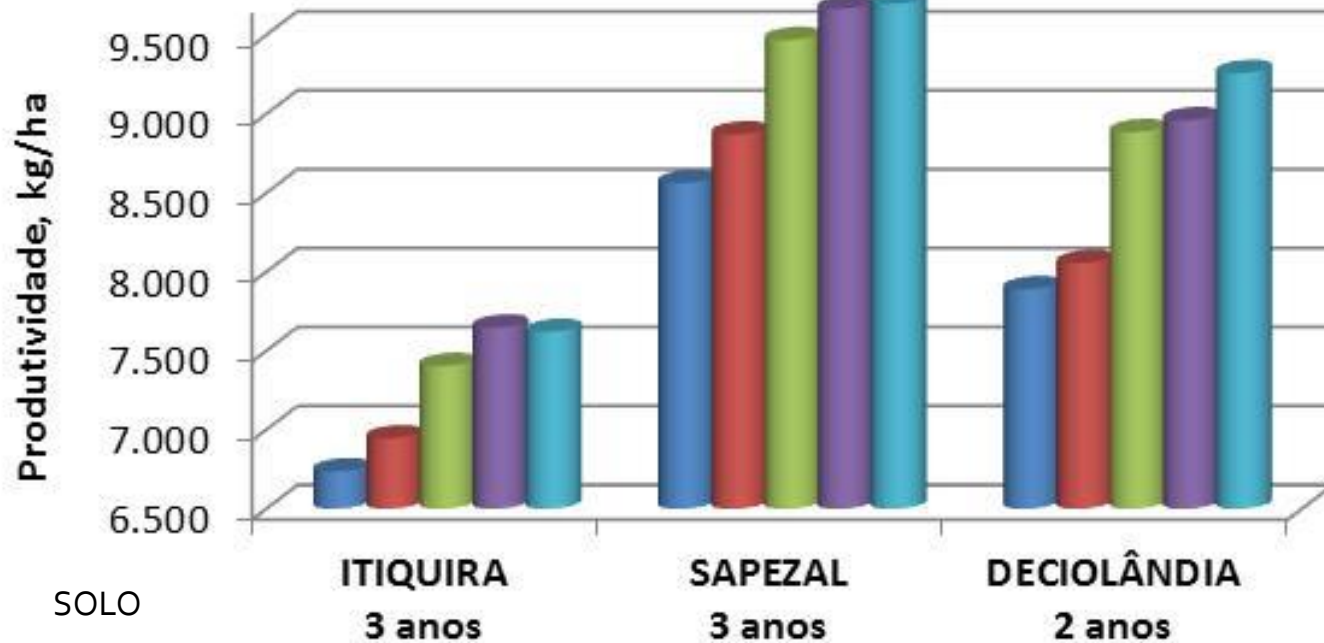
| Nº | FONTE no Milho Safrinha | MODO | DOSE | Milho Safrinha (2013, 2014 e 2015) | | | | Soja (13/14 e 14/15) | |
|----|---|--------------|------|------------------------------------|-------------------------------|------------------|----|-------------------------------|------------------|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| | | | | kg/ha/ano | | | | | |
| 1 | Controle | | | | | 00 34 | | não | 80 |
| 2 | ST (46% P ₂ O ₅) | Sulco | 215 | | 99 | 60 34 | | não | 80 |
| 3 | S 15 (13-33-00-15S) | Sulco | 300 | 39 | 99 | 60 34 | 45 | não | 80 |
| 4 | S 15 (13-33-00-15S) | Lanço | 300 | 39 | 99 | 60 34 | 45 | não | 80 |
| 5 | 16-18-14 (8 S) | Sulco | 243 | 39 | 44 | 60 34 | 19 | 55 | 80 |
| 6 | 16-18-14 (8 S) | Lanço | 243 | 39 | 44 | 60 34 | 19 | 55 | 80 |
| 7 | MAP (11-52-00) | Sulco | 190 | 20 | 99 | 60 34 | | não | 80 |
| 8 | DAP (18-46-00) sem K | Sulco | 215 | 39 | 99 | | | não | 140 114 |
| 9 | DAP (18-46-00) | Sulco | 215 | 39 | 99 | 60 34 | | não | 80 |
| 10 | DAP (18-46-00) | Lanço | 215 | 39 | 99 | 60 34 | | não | 80 |
| 11 | Nitrato amônio (32% N) | Sulco | 122 | 39 | | 60 34 | | 99 | 80 |
| 12 | Nitrato amônio (32% N) | Lanço | 122 | 39 | | 60 34 | | 99 | 80 |



Produtividade de milho safrinha em resposta à adubação NPS



■ sem N e P ■ P (sem N) ■ N (sem P) ■ NP ■ NPS



| |
|----------|
| Fósforo |
| Potássio |
| Enxofre |

| |
|-------|
| Médio |
| Alto |
| Alto |

| |
|------------|
| Muito alto |
| Alto |
| Alto |

| |
|-------|
| Alto |
| Alto |
| Médio |

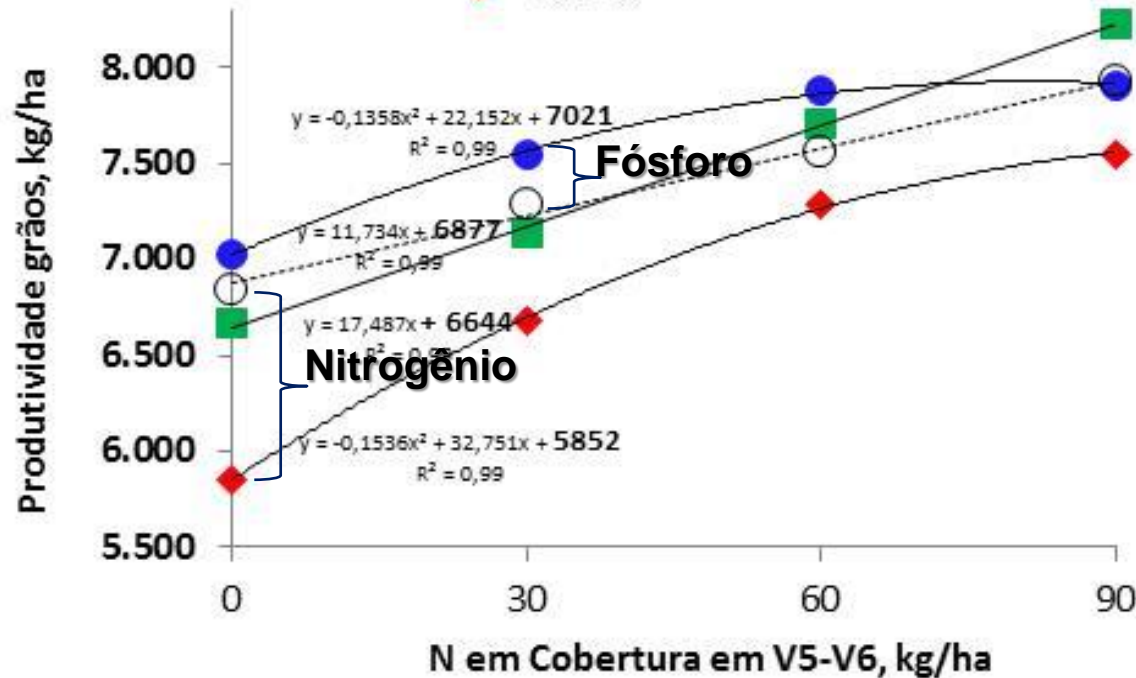


Produtividade de milho safrinha em resposta à adubação NPS



Milho Safrinha, Itiquira-MT, 3 anos

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

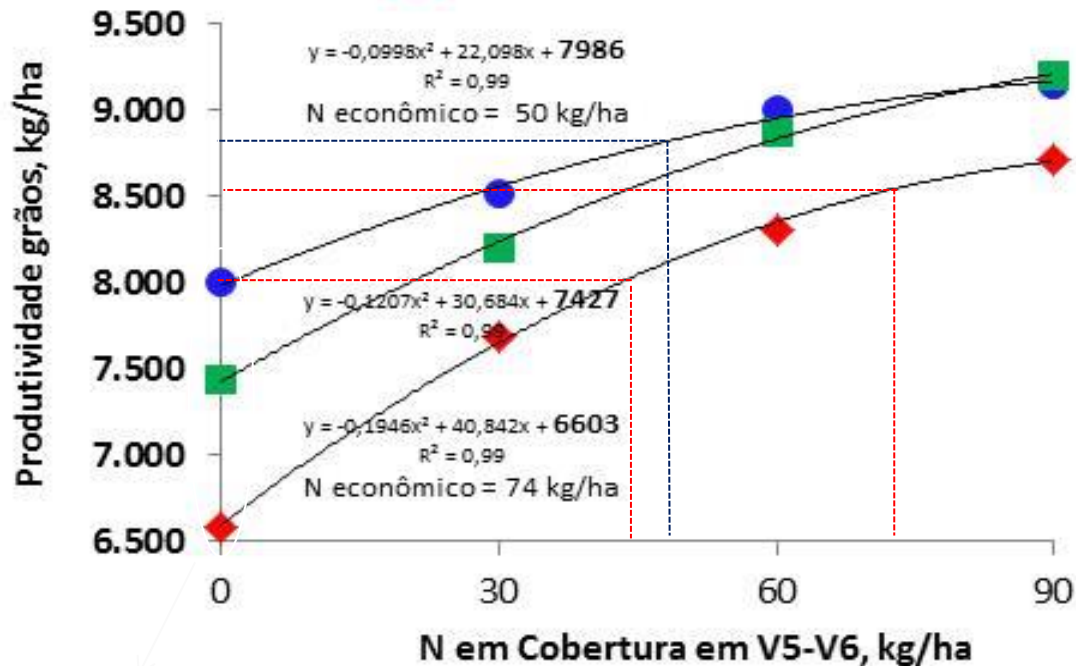


Produtividade de milho safrinha em resposta à adubação NPS



Milho Safrinha, Mato Grosso, 8 ambientes

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



39 kg/ha N na semeadura = 1,4 t/ha milho





IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

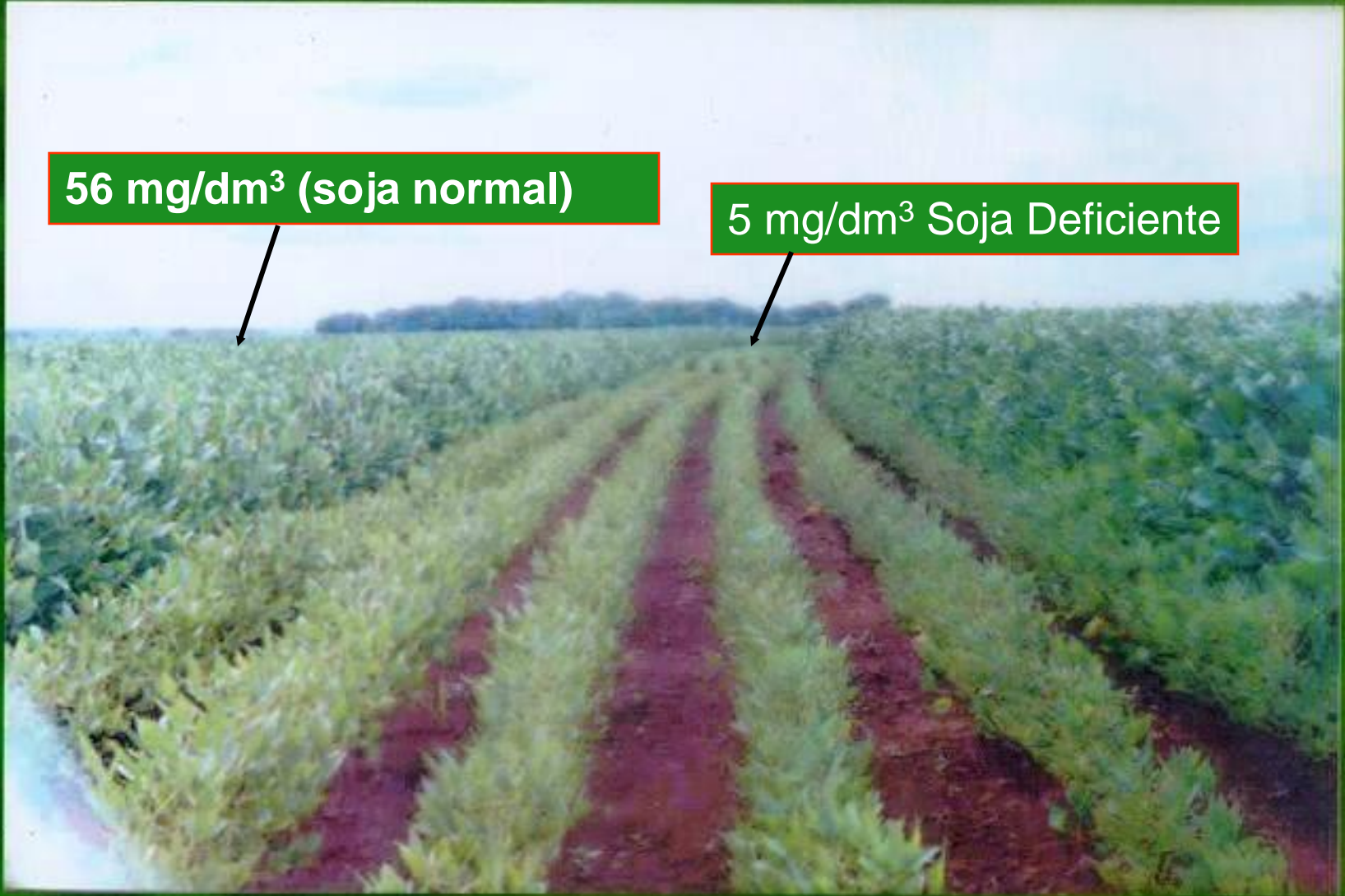
Fósforo no Solo



Deficiente em nossos solos

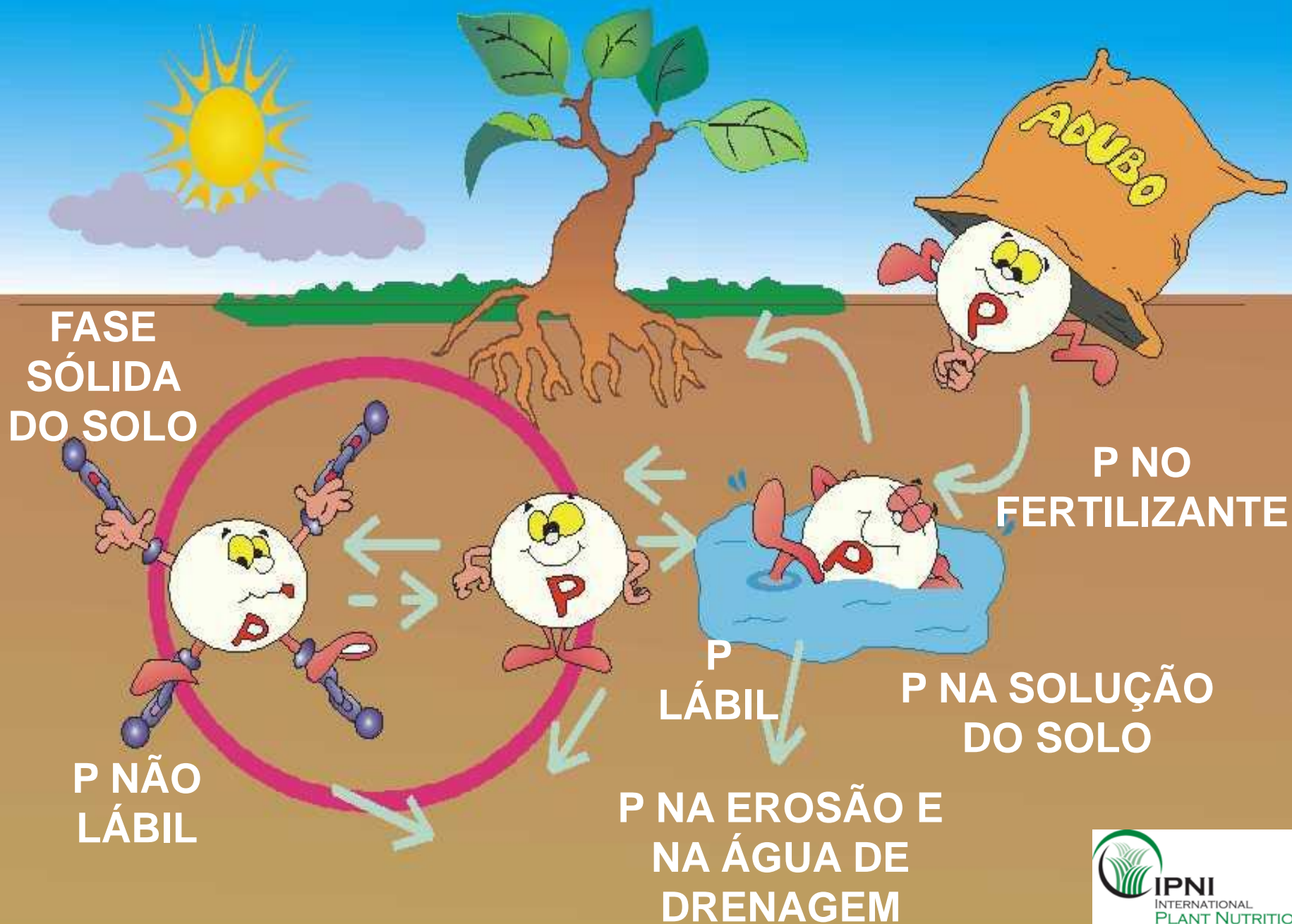
56 mg/dm³ (soja normal)

5 mg/dm³ Soja Deficiente

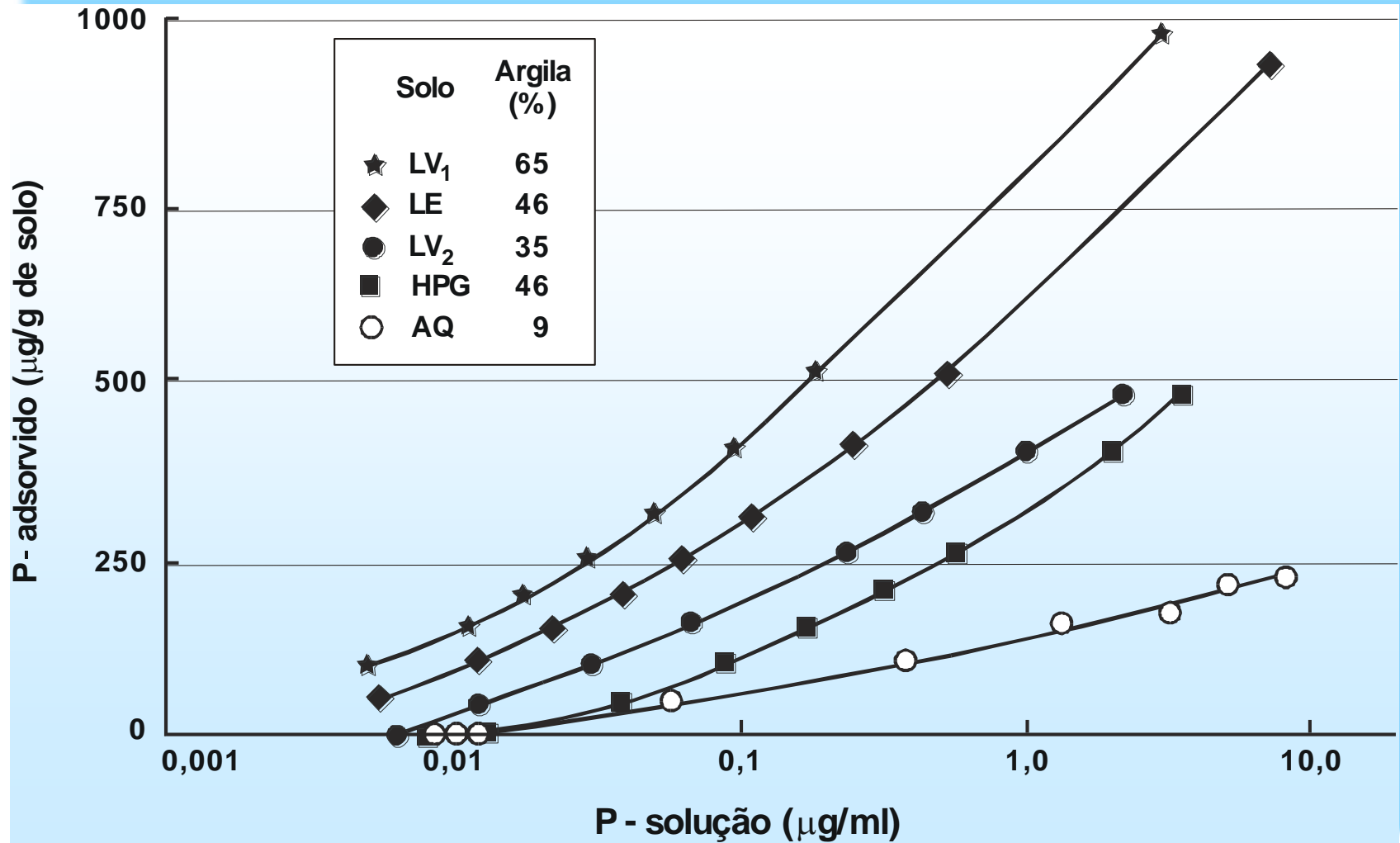


Conteúdo nos solos de SP: 1 a 30 µg cm⁻³ P (resina)

Adubação Fosfatada

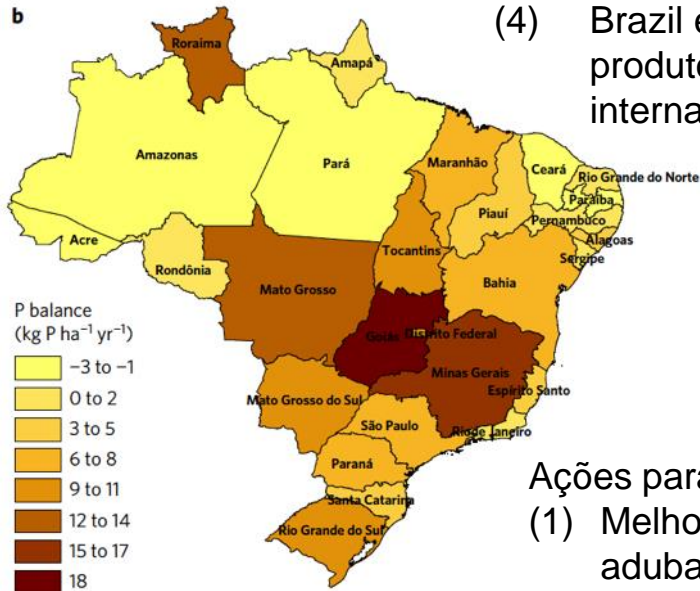
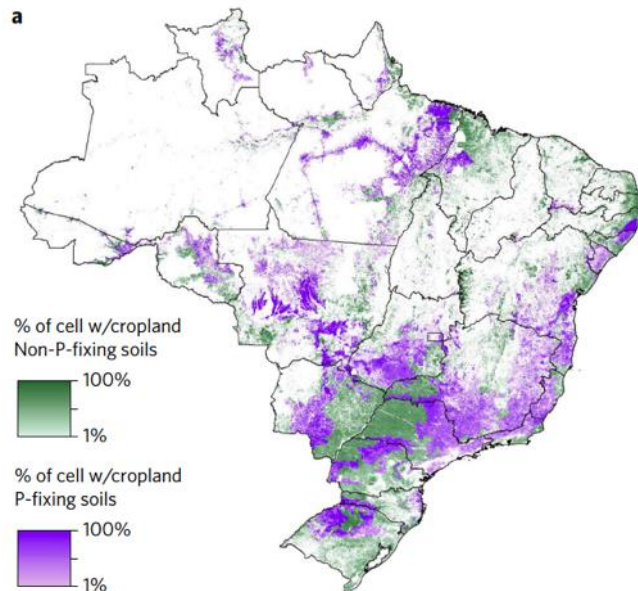


RETENÇÃO DE P NO SOLO



The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics

Eric D. Roy^{1,2*}, Peter D. Richards^{1,3}, Luiz A. Martinelli⁴, Luciana Della Coletta⁴, Silvia Rafaela Machado Lins⁴, Felipe Ferraz Vazquez⁵, Edwin Willig⁶, Stephanie A. Spera^{1,6}, Leah K. VanWey^{1,7} and Stephen Porder^{1,8}

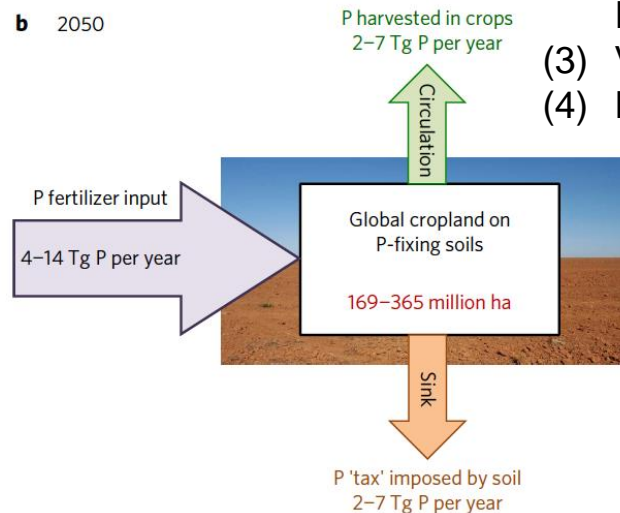
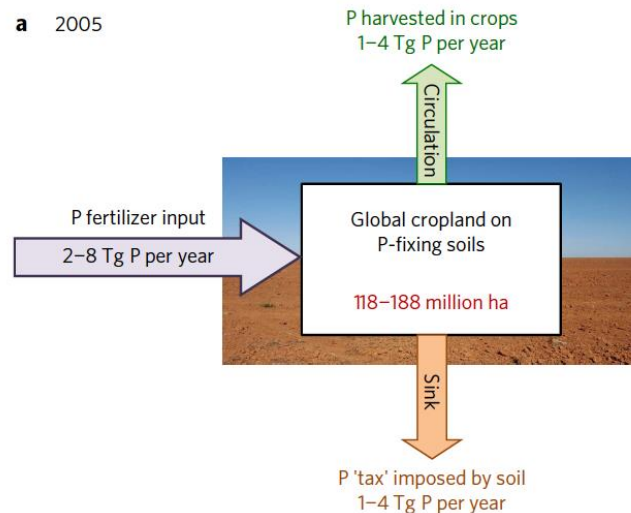


Sucesso do MT:

- (1) Grandes áreas e terras baratas
- (2) Clima favorável
- (3) Produtores capitalizados para comprar insumos
- (4) Brazil é uma força agrícola cujos produtos têm mercado doméstico e internacional

Ações para aliviar o custo do P-fixado:

- (1) Melhoria nas técnicas de adubação
- (2) Reciclagem do P via esterco em ILP
- (3) Variedades eficientes em usar P
- (4) Fechar o ciclo humano do P



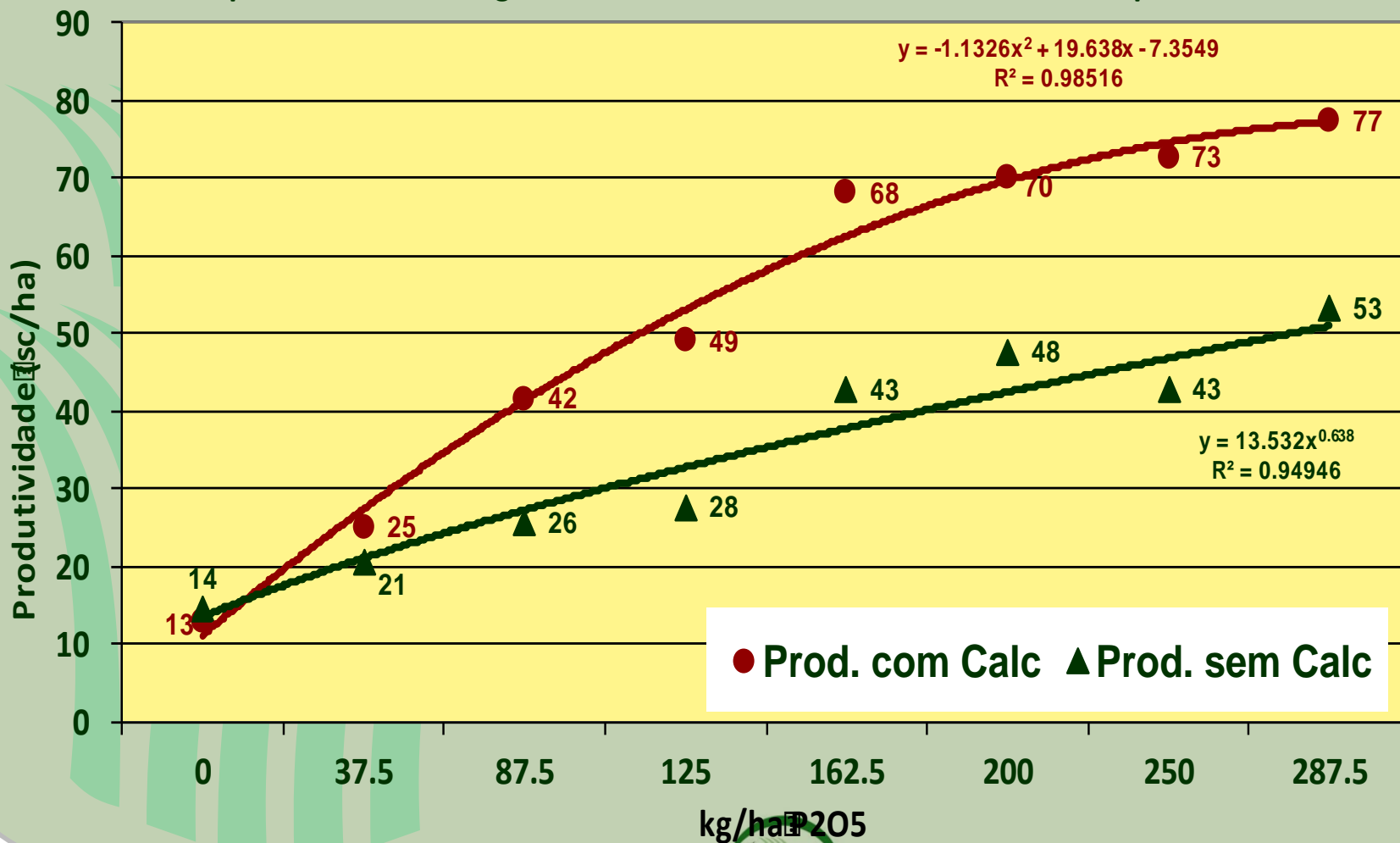
Manejo do solo para manutenção do P

- a) Calagem: manutenção de pH adequado
- b) Adubações fosfatadas com frequência e fosfatagem
- c) Manejo que favoreça o acúmulo de M.O.
- d) Rotação de culturas
- e) Plantio direto
- f) Estimular micorrização
- g) P solúvel x P reativo

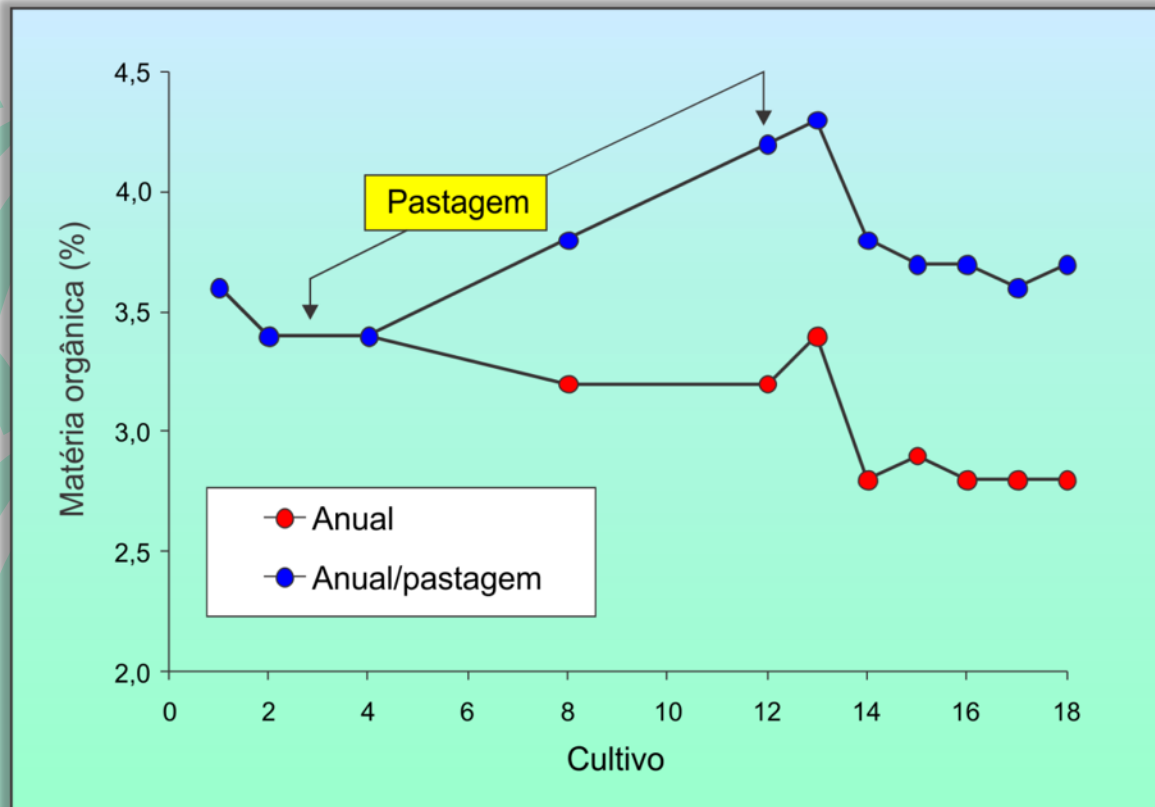


Efeito da correção da acidez na eficiência de uso do P

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.



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)



Fonte: Sousa e outros (1997).


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.

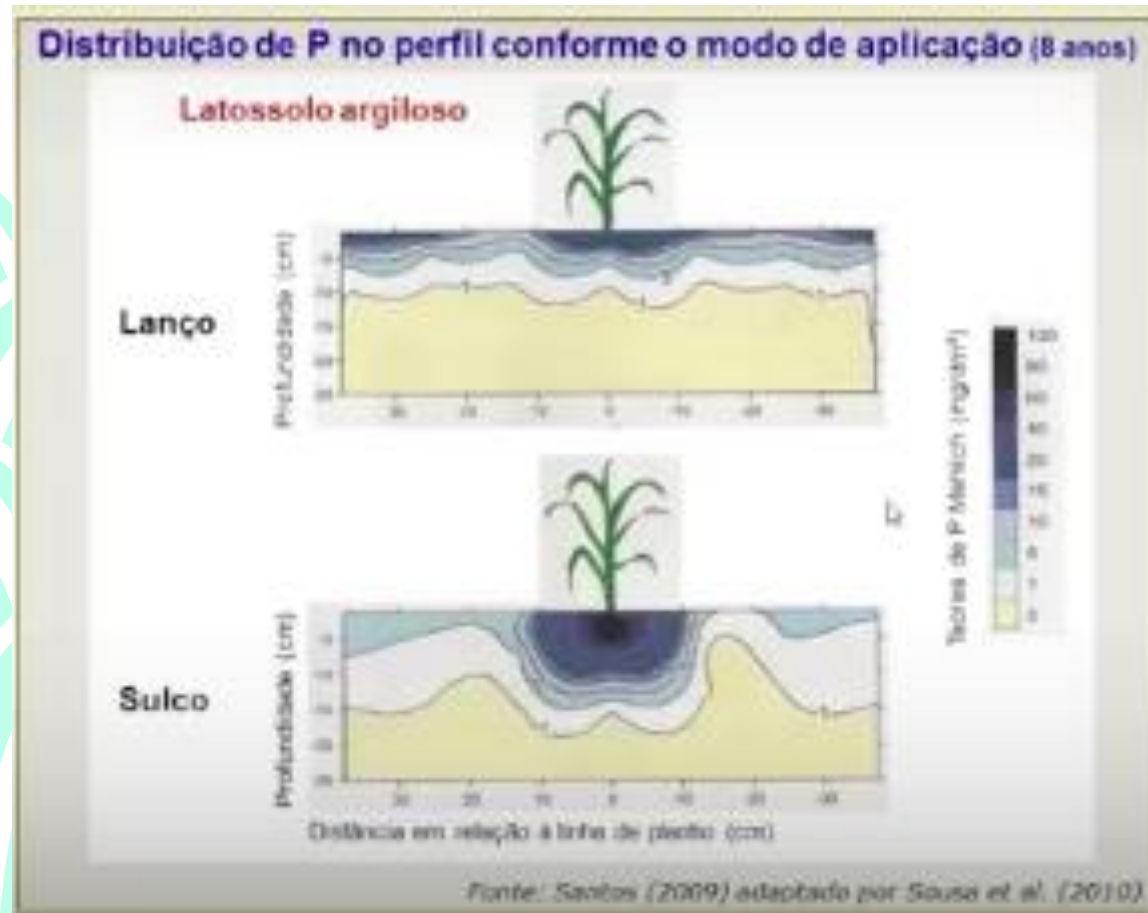
² A ÁREA FOI CULTIVADA POR DOIS ANOS COM SOJA, SEGUIDA DE NOVE ANOS COM BRAQUIÁRIA MAIS DOIS ANOS COM SOJA E DOIS CICLOS DA SEQÜÊNCIA MILHO-SOJA, E CINCO ANOS COM BRAQUIÁRIA.

EXTRAÍDO DE DJALMA MARTINHÃO.



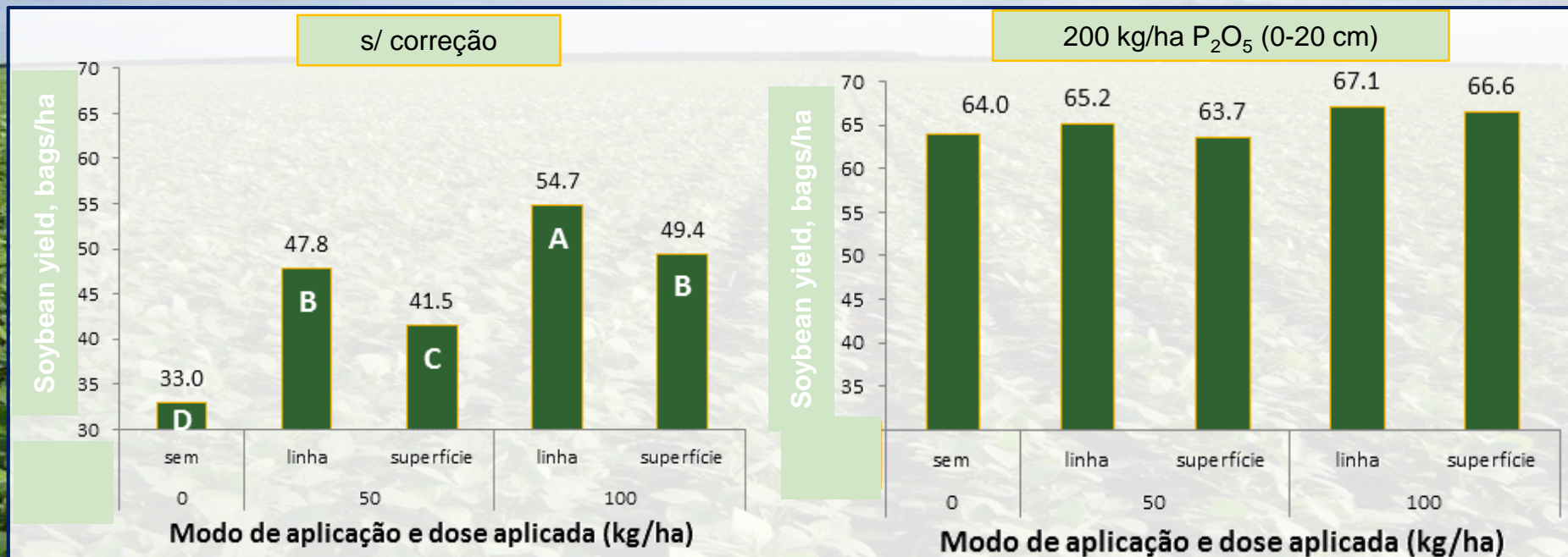
**Aplicação de fertilizantes
a lanço em superfície,
como decidir?**

Distribuição de P no solo em função do local de aplicação de fertilizantes



Fonte: Vilela (2013). <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3228>

Dose e modo de aplicação de P em diferentes níveis de correção do solo (teor original de P, 3 ppm)

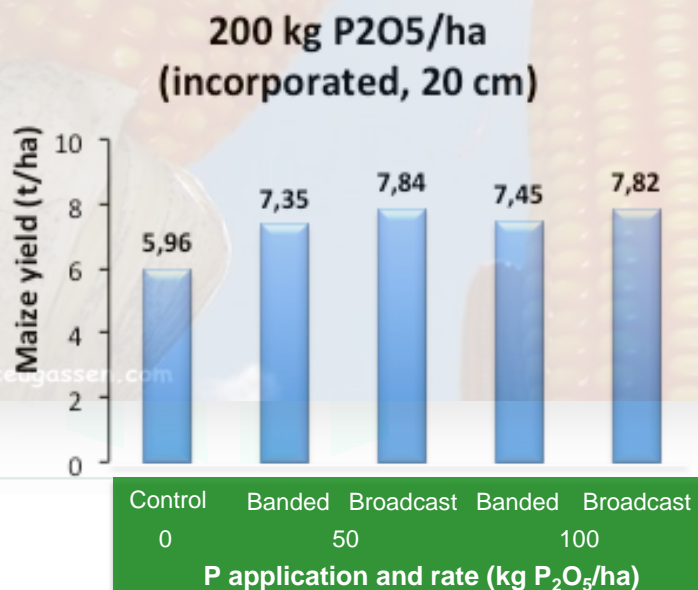
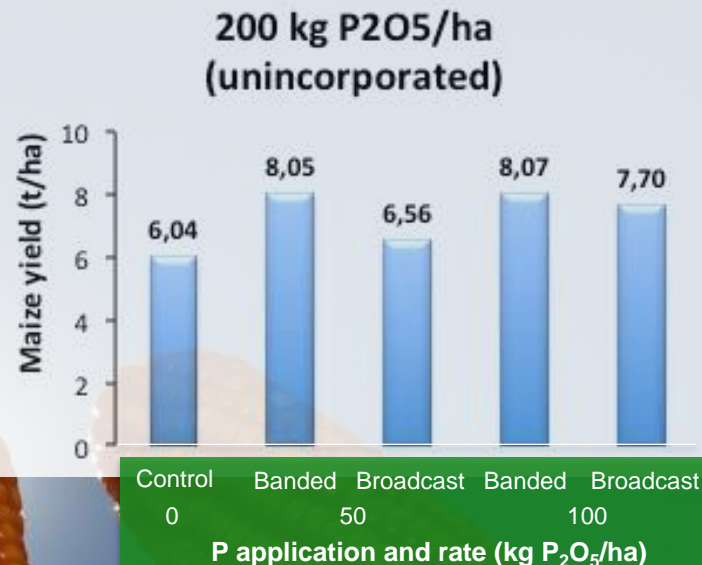
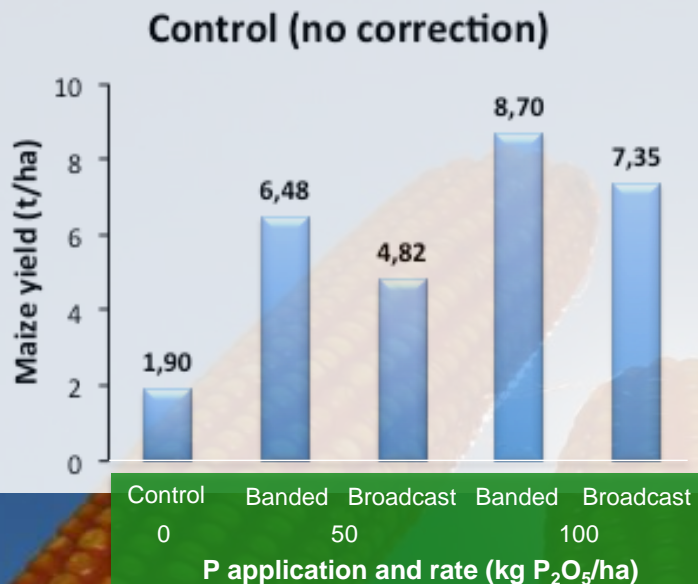


Fonte: Fundação MT/PMA (2011)

20 11 2006



Dose e modo de aplicação de P em diferentes níveis de correção do solo (teor original de P, 3 ppm)



Fonte: Fundacao MT (2014).



Fatores para tomada de decisão sobre P lanço versus P sulco

1. Solo com teor muito baixo ou baixo de P (0 – 20 cm) = Sulco.
2. Solo com elevado potencial para perda de P por erosão superficial = Sulco.
3. Solo com teor de P no mínimo médio de 0-20 cm e muito baixo/baixo de 20 – 40 cm = Outros fatores devem ser considerados (ex.: clima).
4. Solo com teor razoável de P ao longo do perfil, sem elevado risco de erosão superficial e desejo de alto rendimento operacional na semeadura = Lanço.

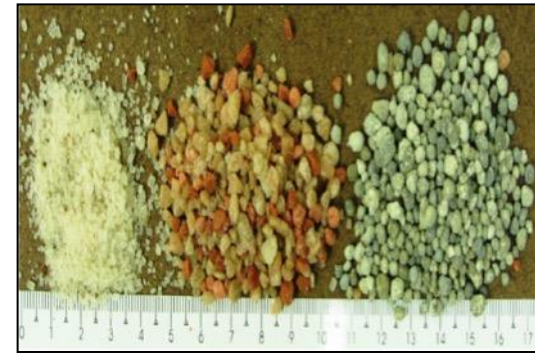
1. Intercalar localização é uma possibilidade.
2. Antecipar P localizado é uma possibilidade.



Qualidade da Aplicação

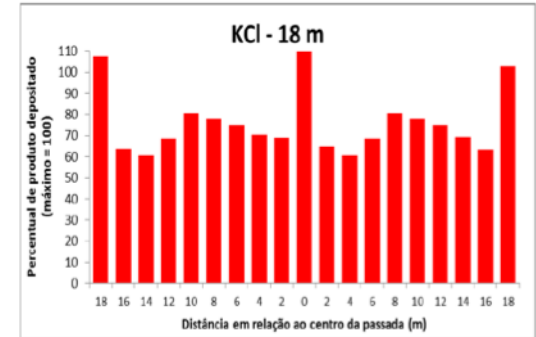
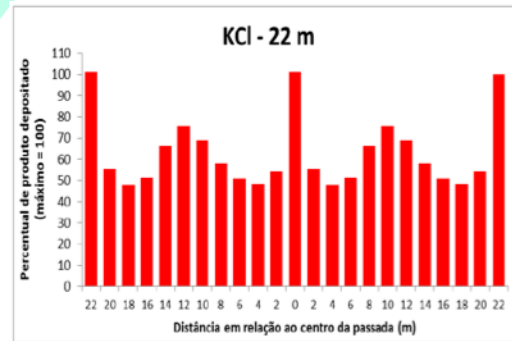
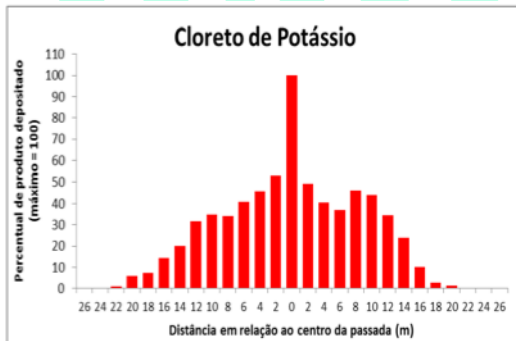
Calibration required for every application

Sources have different features



Evaluation of fertilizer application

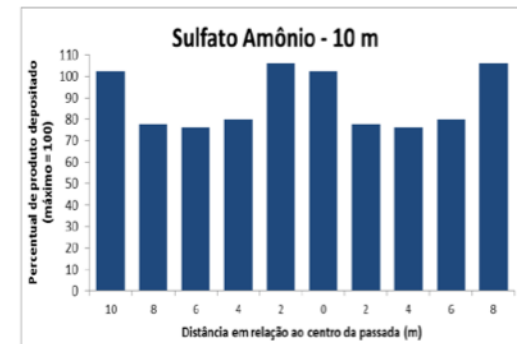
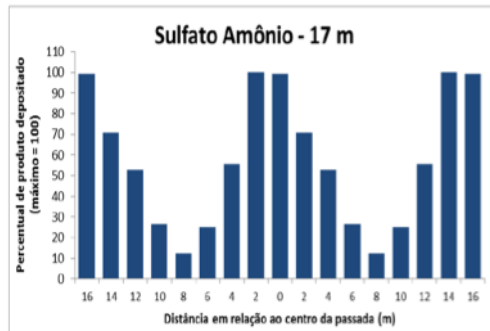
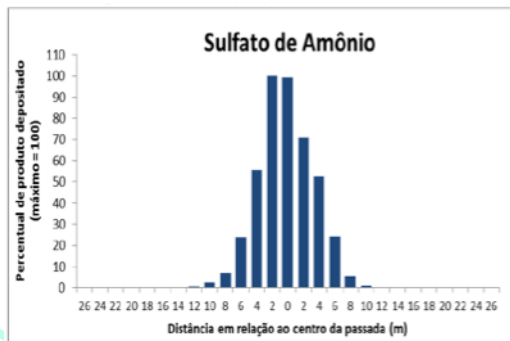
Cloreto de Potássio



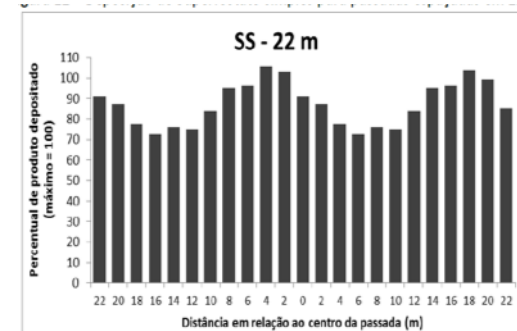
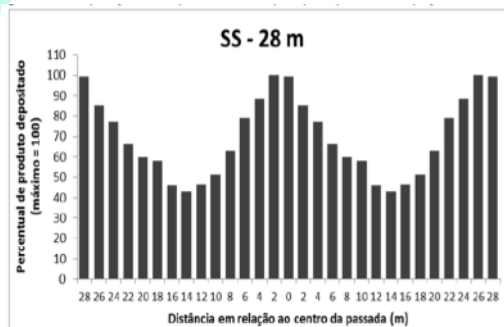
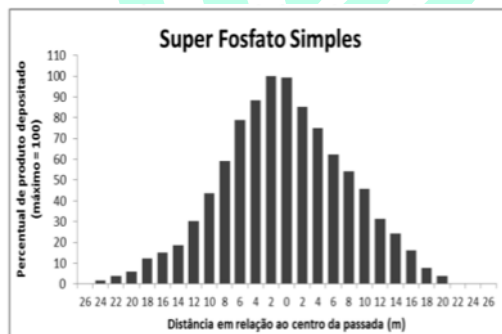
Source: Fundação MT/PMA (Safrá 11/12)

Qualidade da Aplicação

Sulfato de Amônio



Superfosfato Simples





IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Enxofre no Solo



FORMAS DE OCORRÊNCIA

Enxofre na solução

Sulfato (SO_4^{2-})

- É a forma disponível mais importante para as plantas
- É a espécie mais estável em solos arejados

H_2S

- Aparece em solos muito reduzidos (encharcados)
- Pode ser tóxico em certas concentrações

Gases

SO_2 e H_2S

- SO_2 e H_2S podem ocorrer no solo em pequenas quantidades
- SO_2 atmosférico penetra na planta pelos estômatos sendo metabolizado



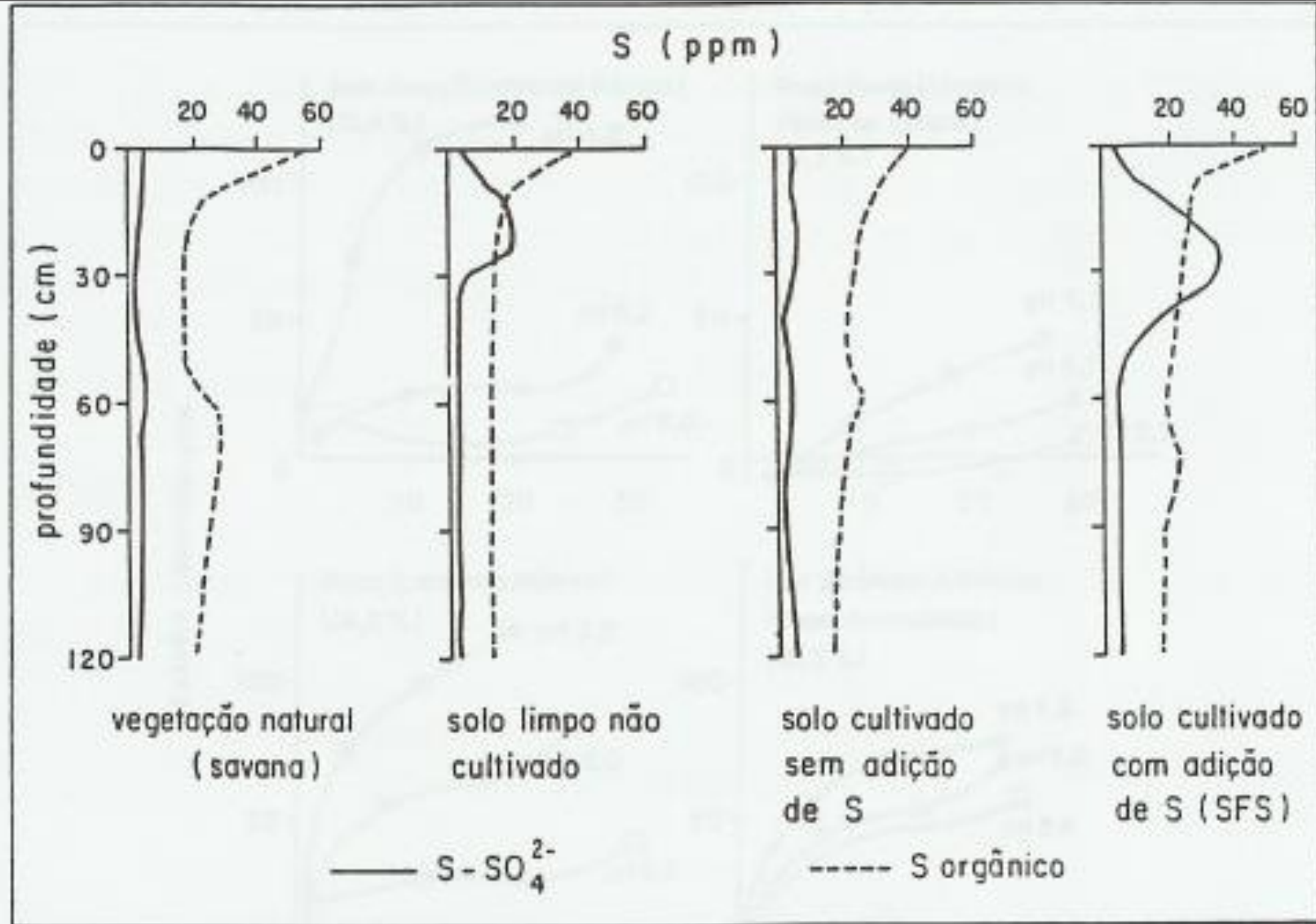


Figura 47. Distribuição do enxofre mineral e do enxofre orgânico no perfil de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo (citado por Bissani & Tedesco, 1988- Enxofre e Micronutrientes na Agricultura Brasileira)

Aumento considerável no uso de adubos simples e de fórmulas de adubação carentes (isentas) em S



→ 58% Uréia: $\text{Co}(\text{NH}_2)_2$
19% Fosfatos de Amônio (MAP, DAP)
 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ / $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$



→ 37% SPT: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$
35% Fosfatos de Amônio (MAP e DAP)



→ 97% Cloreto de Potássio (KCl)



Fontes de S

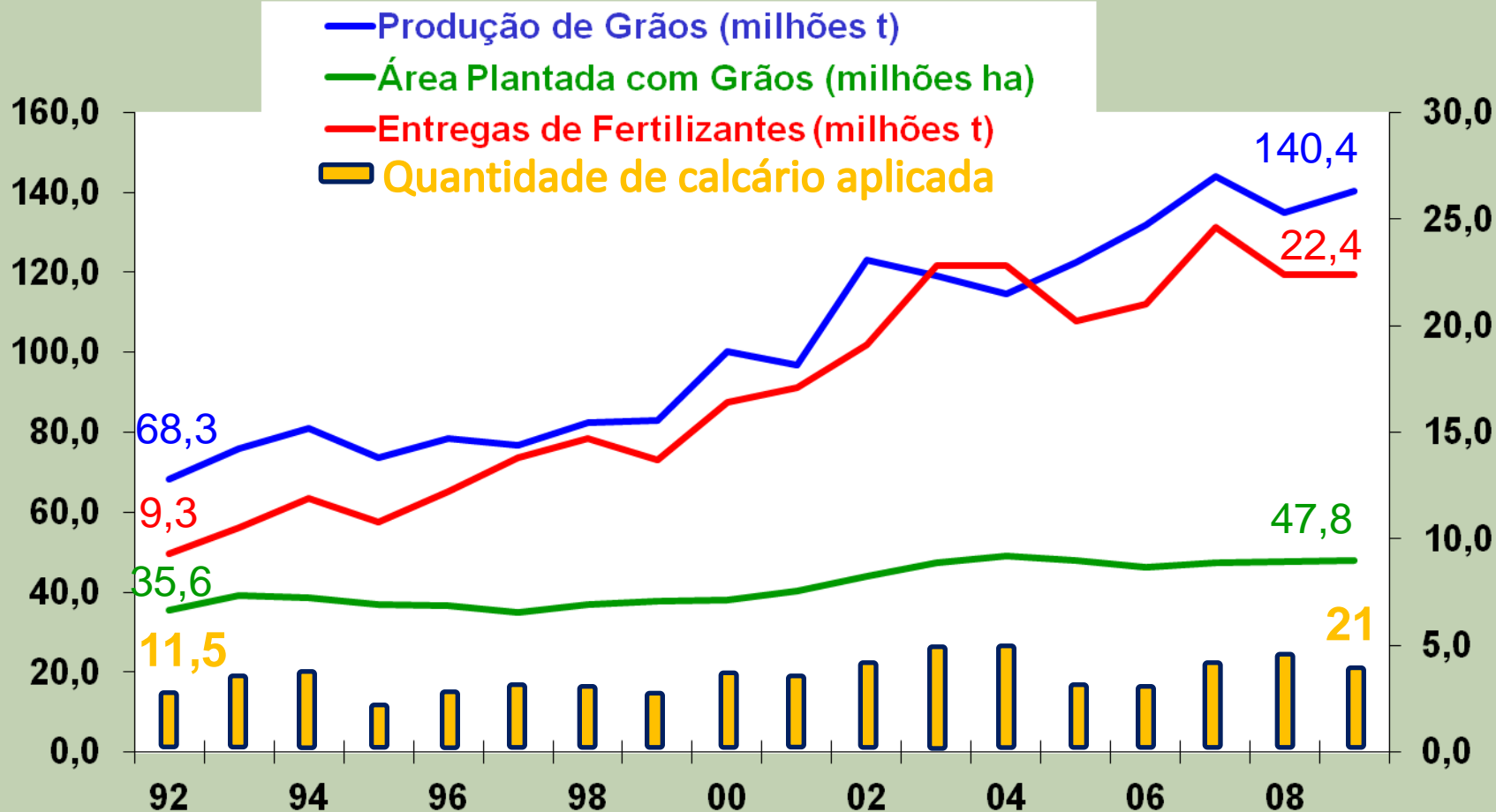
- **Sulfato de Amônio 24%**
- **Superfosfato Simples 12%**
- **Fertilizantes NPK 1 – 10%**
- **Gesso Agrícola 15%**
- **Enxofre Elementar 99%**



Intensificação do sistema de produção



Produção de grãos, área cultivada e quantidade de NPK na agricultura brasileira (1992-2009)



Fuente: ANDA/CONAB/IBGE 2009 - estimativa



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Avaliação da Fertilidade do Solo



0-10
cm

10-20
cm

20-30
cm

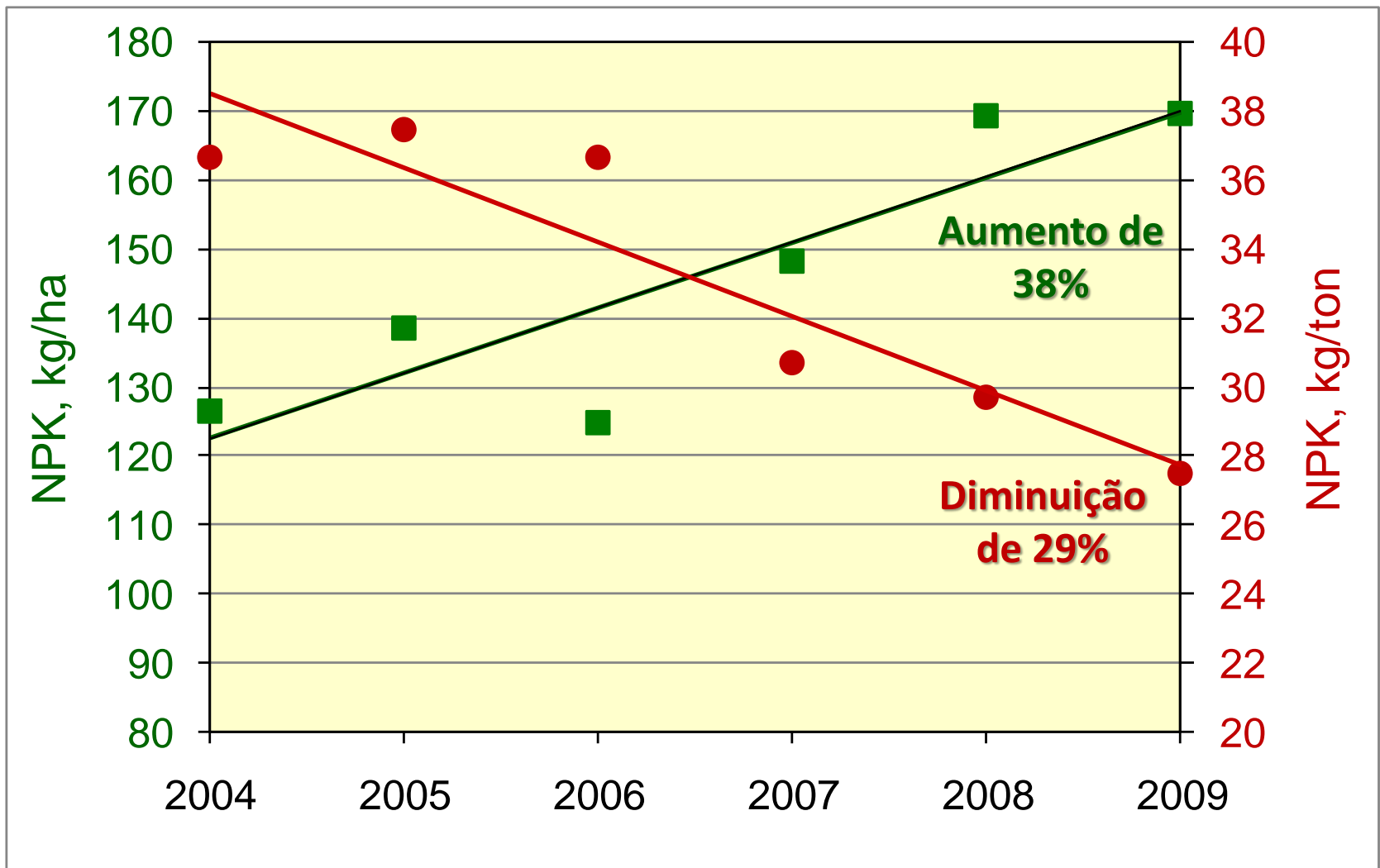
30-40
cm

Avaliação da "real" fertilidade do solo

| Depth | pH CaCl ₂ | P | K | Ca | Mg | Al | CEC | BS | LR |
|-------|----------------------|-----|----|------------------------------------|-----|-----|-----|----|------|
| cm | | ppm | | cmol _c dm ⁻³ | | | | % | t/ha |
| 0-20 | 5.0 | 19 | 29 | 1.8 | 0.7 | 0.0 | 5.8 | 44 | 1.7 |
| 20-40 | 4.4 | 2 | 14 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 4.0 | 21 | |
| | | | | | | | | | |

Source: Fundação MT/PMA - Safra 09/10





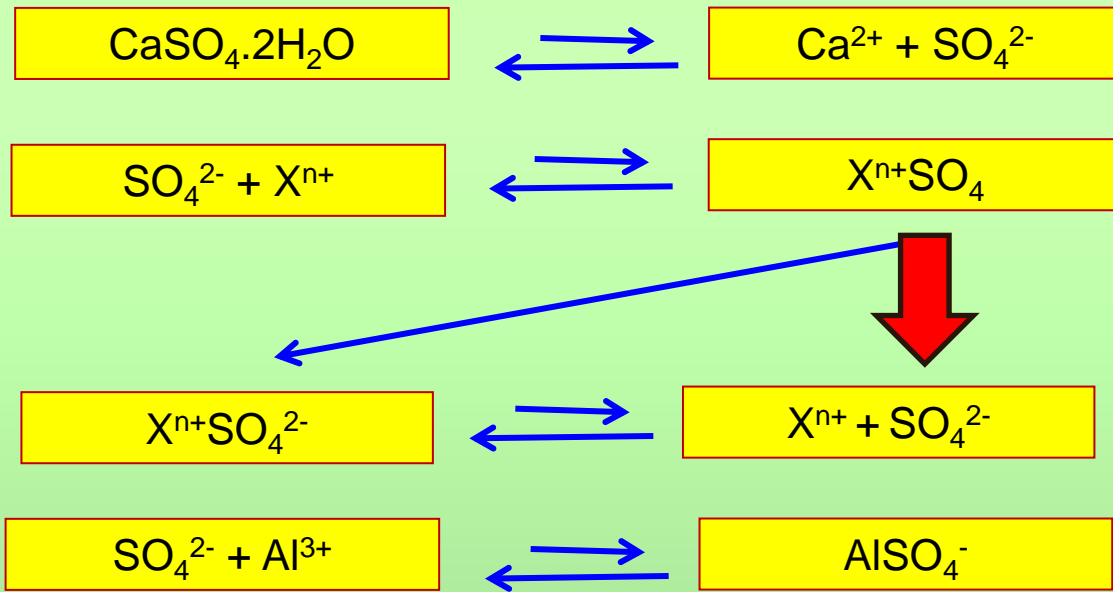
Dados fornecidos pela Fundação MT.

Perfil de solo: *um pouco de reflexão*

Análise química do perfil de um Latossolo Vermelho muito argiloso (650 g kg⁻¹ de argila), cultivado há 35 anos com soja, milho e algodão

| Prof | pH | MO ⁽¹⁾ | P ⁽²⁾ | S ⁽³⁾ | K ⁽²⁾ | Ca ⁽⁴⁾ | Mg ⁽⁴⁾ | Al ⁽⁴⁾ | H+Al ⁽⁵⁾ | CTC | SB | V | m |
|---------|-------------------|-------------------|----------------------------|------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------|------|---------------|------|
| (cm) | CaCl ₂ | g/dm ³ | --- mg/dm ³ --- | | ----- mmol _c /dm ³ ----- | | | | | | | ----- % ----- | |
| 0-5 | 5,4 | 42 | 19 | 10 | 2,6 | 35 | 20 | 0,0 | 22 | 82,2 | 60,2 | 73 | 0,0 |
| 5-10 | 4,7 | 31 | 22 | 8 | 2,0 | 22 | 7 | 2,6 | 41 | 74,0 | 33,0 | 45 | 7,7 |
| 10-20 | 4,4 | 29 | 15 | 10 | 1,7 | 18 | 5 | 1,8 | 46 | 72,4 | 26,4 | 36 | 6,8 |
| 20-30 | 4,2 | 22 | 5 | 33 | 1,3 | 6 | 2 | 6,1 | 51 | 61,6 | 10,6 | 17 | 39,6 |
| 30-40 | 4,2 | 19 | 5 | 74 | 1,1 | 3 | 1 | 5,8 | 46 | 52,2 | 6,2 | 12 | 53,2 |
| 40-60 | 4,6 | 14 | 4 | 74 | 1,2 | 7 | 2 | 2,4 | 27 | 38,4 | 11,4 | 30 | 19,0 |
| 60-90 | 4,9 | 11 | 4 | 70 | 0,5 | 7 | 3 | 1,4 | 23 | 34,0 | 11,0 | 32 | 11,8 |
| 90-120 | 5,4 | 9 | 4 | 19 | 0,1 | 4 | 2 | <0,1 | 18 | 24,2 | 6,2 | 26 | <0,1 |
| 120-150 | 5,4 | 7 | 4 | 8 | 0,1 | 3 | 1 | <0,1 | 16 | 20,2 | 4,2 | 21 | <0,1 |
| 150-180 | 5,7 | 7 | 3 | 6 | 0,2 | 2 | 0 | <0,1 | 15 | 17,4 | 2,4 | 14 | <0,1 |
| 180-210 | 5,7 | 6 | 3 | 5 | 0,2 | 3 | 1 | <0,1 | 14 | 18,4 | 4,4 | 24 | <0,1 |
| 210-240 | 5,7 | 6 | 3 | 6 | 0,1 | 2 | 2 | <0,1 | 13 | 17,2 | 4,2 | 24 | <0,1 |
| 240-270 | 5,8 | 6 | 4 | 7 | 0,1 | 3 | 1 | <0,1 | 12 | 16,2 | 4,2 | 26 | <0,1 |

Reações Envolvidas na Gessagem do Solo



- (1) Aumento de Ca em superfície
- (2) Lixiviação de SO_4^{2-} e cátions acompanhantes
- (3) Diminuição da atividade do Al^{3+}
- (4) Cuidados são necessários
- (5) Gesso é mais solúvel que calcário
- (6) Gesso tem base fraca que leva a formação de ácido forte, não sendo portanto corretivo da acidez

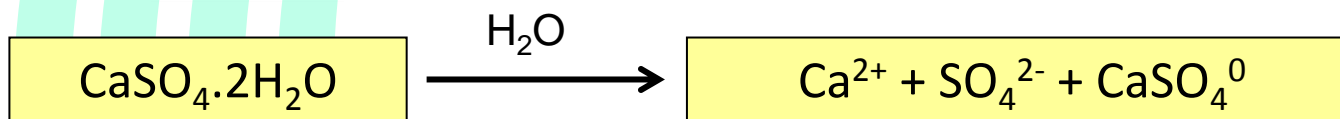


Critério para uso de gesso:

- ✓ Avaliar camada 20-40 cm ou 40-60 cm
- ✓ $\text{Ca} < 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$
- ✓ $\text{m}\% > 30$

PRÁTICAS CORRETIVAS: gessagem

- ✓ Fonte de Ca (18%);
- ✓ Fonte de S (15%);
- ✓ Condicionar de subsuperfície: neutralizar Al trocável, fornecer Ca em profundidade;
- ✓ Condição p/ aplicação: m% > 30 e Ca < 0,5 cmol_c/dm³ na camada 20-40 cm;
- ✓ Dose de 50 kg para cada unidade de argila (Ex. 30% de argila x 50 kg = 1.500 kg/ha de gesso);
- ✓ Não demanda incorporação;



Efeito da gessagem na produtividade de soja e milho

Latossolo Vermelho Amarelo (50% de argila)
Condição original do solo

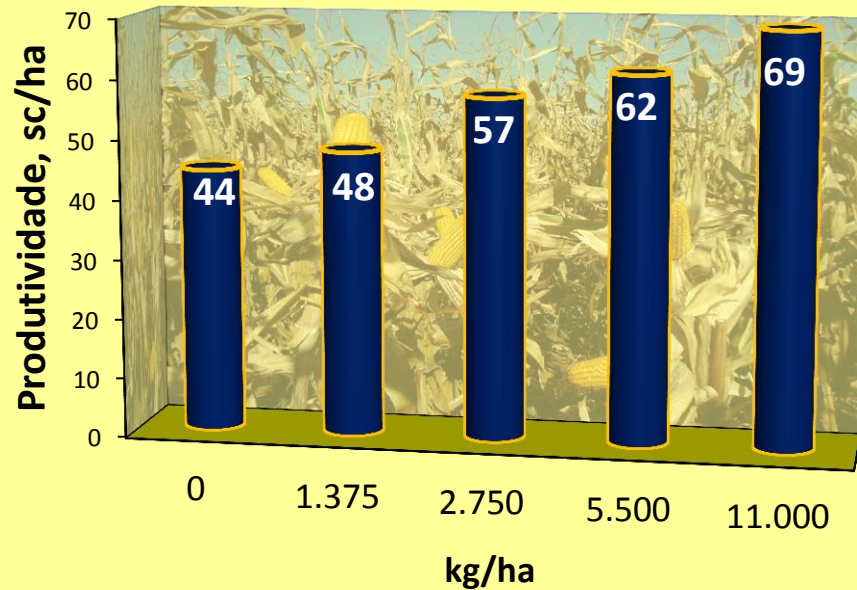
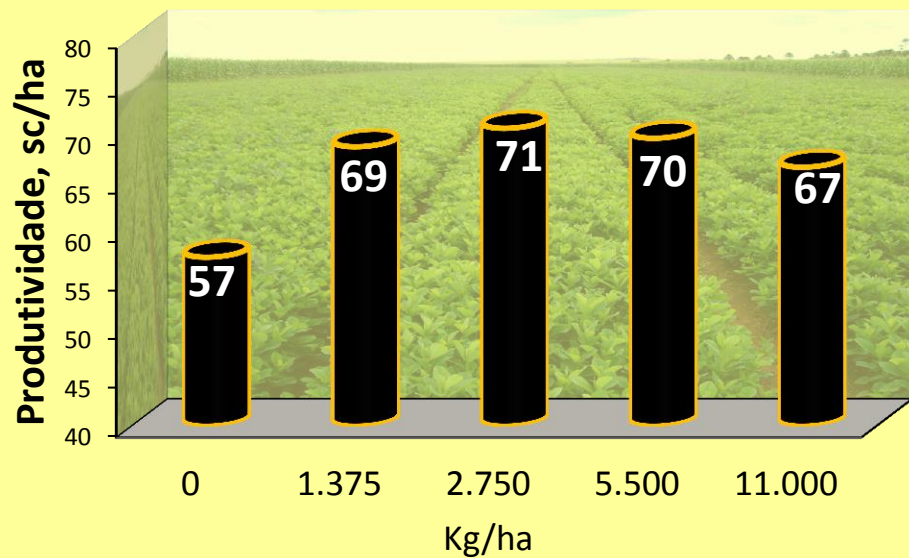
| Prof. | pH | P | K | S | Ca | Mg | Al | CTC | MO | V |
|-------|-----|---------------------|----|----|------------------------------------|-----|-----|-----|------|----|
| cm | | mg dm ⁻³ | | | cmol _c dm ⁻³ | | | | g/kg | % |
| 0-10 | 5,4 | 15 | 33 | 15 | 3,2 | 1,7 | 0,0 | 8,2 | 32 | 60 |
| 10-20 | 4,7 | 7 | 29 | 17 | 1,4 | 0,8 | 0,2 | 6,3 | 22 | 36 |
| 20-30 | 4,3 | 1 | 27 | 26 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 5,3 | 17 | 12 |
| 30-40 | 4,3 | 1 | 20 | 36 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 4,3 | 11 | 12 |
| 40-50 | 4,5 | 1 | 17 | 27 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 3,4 | 9 | 16 |
| 50-60 | 4,7 | 1 | 17 | 10 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 3,1 | 8 | 15 |

Fonte: Fundação MT/PMA/Nutrien



IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Efeito da gessagem na produtividade de soja e milho



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

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. spectabilis*
Jaciara - MT**



Safra 07/08 - Algodão



Safra 08/09 - Soja



Preparo do solo



Consórcio Braquiária+Crotalária



Manejo biológico do solo: estudo de caso

Mudança provocada:

Manejo priorizando:

- Atividade biológica do solo
- Manutenção da água no solo
- Formação de estoque de nutrientes



**SUCESSO A TODOS,
e
OBRIGADO PELA ATENÇÃO!**



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Website:

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

Telefone:

(66) 3023-1517
(66) 9932-8848
(19) 98723-0699