

# MANEJO DE MACRO E MICRONUTRIENTES PARA ALTA PRODUTIVIDADE DA SOJA

Godofredo Cesar Vitti<sup>1</sup>  
William Trevisan<sup>1</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

**A** área estimada de soja a ser colhida na presente safra teve aumento de 2,70% em relação à safra anterior, passando de 13.011.341 para 13.362.014 ha, tendo a produção total revelado aumento de 2,43%, ou seja, de 30.904.233 para 31.654.981 t de grãos, enquanto o rendimento médio apresenta queda de 0,25%, ou seja, de 2.375 kg ha<sup>-1</sup> obtido na safra 1998/99 para um valor esperado de 2.369 kg ha<sup>-1</sup> na safra 1999/00 (IBGE, 2000).

A cultura da soja representa a maior área cultivada, superando as tradicionais culturas de milho e cana-de-açúcar, respectivamente com 8.781.515 e 4.251.919 ha, bem como o maior consumo de fertilizantes, ou seja, 3.819.000 contra 2.712.000 (milho) e 2.398.000 t (cana-de-açúcar). O custo de 1 t de fertilizante equivale a aproximadamente 20,7 sc de 60 kg de soja.

Analisando a produtividade média do Brasil, ou seja, aproximadamente 40 sc/ha, observa-se que a mesma ainda está muito aquém do potencial de produção atingido pela pesquisa e por bons produtores. Dentre os fatores de produtividade, o manejo químico do solo associado a fatores climáticos é ainda o que mais limita a produtividade dessa cultura.

## 2. CONCEITO DE ADUBAÇÃO

Em termos práticos, a adubação pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

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

Ou seja, é necessário dimensionar três fatores básicos:

a) Nutrição da planta, quanto a:

- Elementos exigidos,
- Quantidades necessárias,
- Época e local para o fornecimento dos nutrientes.

... o N e o K são os nutrientes mais extraídos pela soja, sendo que, no caso do N, parte é fornecida pelo solo (25 a 35%) e parte pela fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico (65 a 85%). Embora dentre os três macronutrientes primários o P seja o menos extraído, normalmente é o nutriente utilizado em maior quantidade, seja pelo baixo teor no solo, seja pela sua dinâmica nos solos tropicais (fixação).

b) Avaliação da fertilidade do solo, utilizando-se principalmente da diagnose visual, diagnose foliar, histórico e análise do solo;

c) Uso eficiente do fertilizante (f), o qual é função do sistema de plantio (direto ou convencional), práticas conservacionistas, fontes de aplicação e parcelamento dos nutrientes e condições edafoclimáticas.

Em função do conhecimento desses fatores é estabelecido o manejo químico do solo, iniciando-se por práticas corretivas seguidas de práticas de manutenção, como:

- correção do solo;
- condicionamento do subsolo;
- adubação corretiva de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O;
- adubação de manutenção de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S;
- fornecimento de micronutrientes;
- práticas que permitam a máxima eficiência da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico.

## 3. NUTRIÇÃO DA SOJA

Além dos macronutrientes orgânicos (C, H, O) fornecidos pela atmosfera (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O), a soja necessita de nutrientes fornecidos pelo solo: P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Co e Zn e, no caso do N, parte pelo solo e parte pela atmosfera. Dessa lista de nutrientes minerais, comprovadamente a soja necessita do fornecimento dos seguintes nutrientes:

- N (fixação simbiótica, manejo da matéria orgânica),
- P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn, Mo e Co (fertilização mineral).

Em termos quantitativos, as quantidades de nutrientes absorvida e exportada nos grãos pela cultura da soja, em cada tonelada de grãos produzida, estão expressas na Tabela 1.

Analisando os dados dessa Tabela observa-se que o N e o K são os nutrientes mais extraídos pela soja, sendo que, no caso do N, parte é fornecida pelo solo (25 a 35%) e parte pela fixação simbiótica do N<sub>2</sub> atmosférico (65 a 85%) (BORKERT et al., 1994). Embora dentre os três macronutrientes primários o P seja o menos extraído, normalmente é o nutriente utilizado em maior quantidade, seja pelo baixo teor no solo, seja pela sua dinâmica nos solos tropicais (fixação).

<sup>1</sup> Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP. Caixa Postal 09 - CEP 13418-900 Piracicaba-SP. E-mail: gcvitti@carpa.ciagri.usp.br

**Tabela 1. Exigências nutricionais para a produção de 1 t de grãos de soja (EMBRAPA, 1993).**

| Parte da planta               | Macronutrientes (kg) |     |      |     |     |     |     |
|-------------------------------|----------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|                               | N                    | P   | K    | Ca  | Mg  | S   |     |
| Grãos                         | 51                   | 5,0 | 17,0 | 3,0 | 2,0 | 5,4 |     |
| Restos culturais <sup>1</sup> | 31                   | 2,5 | 7,5  | 9,2 | 4,7 | 10  |     |
|                               | Micronutrientes (g)  |     |      |     |     |     |     |
|                               | B                    | Cu  | Fe   | Mn  | Mo  | Zn  | Cl  |
| Grãos                         | 2,0                  | 10  | 70   | 30  | 5   | 40  | 237 |
| Restos culturais              | -                    | -   | -    | -   | 2   | -   | 23  |

<sup>1</sup> Folhas, pecíolos e caules que são restituídos ao solo.

Quanto à época e modo de aplicação dos nutrientes, pode-se fornecê-los através das seguintes práticas:

- a) Pré-plantio
  - Ca e Mg: calagem
  - Ca e S: gessagem
  - P e K: fosfatagem e potassagem
- b) Sulco de plantio
  - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O: formulação
  - B, Cu, Mn, Zn, Mo (opcional) e Co (opcional): formulação
- c) Cobertura
  - K: em solos muito arenosos, 30 dias após a emergência
  - Mn: via foliar no estágio V4 ou nos estádios V4 e R1
- d) Semente
  - Mo e Co: na prática da inoculação das sementes.

#### 4. AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

As três técnicas normalmente utilizadas na avaliação da fertilidade de um solo são: diagnose visual, diagnose foliar e análise química do solo.

#### 4.1. Diagnose visual

A técnica da diagnose visual baseia-se no princípio de que todas as plantas necessitam dos mesmos nutrientes, e se houver deficiências no solo elas apresentarão sintomas semelhantes (alterações morfológicas oriundas de alterações fisiológicas). Os sintomas de deficiência ou de toxidez são característicos para cada elemento, levando-se em consideração sua função e mobilidade na planta. Assim, os elementos móveis (macronutrientes primários N, P, K e o macronutriente secundário Mg) provocam inicialmente sintomas nas partes mais velhas da planta, enquanto os parcialmente móveis e imóveis (macronutrientes secundários Ca e S e micronutrientes) inicialmente provocam sintomas nas partes novas da planta. Para a caracterização do sintoma de deficiência ou de toxidez de um elemento o mesmo deve ocorrer de **modo generalizado** e apresentar **gradiente** e **simetria** na planta, para se diferenciar de outras anomalias, como, por exemplo, as ocasionadas por pragas, doenças, clima, etc., embora a fitotoxidez causada principalmente por herbicidas pós-emergentes como, por exemplo, Cobra, Volt, Shogum e Chart, tem provocado sintomas semelhantes aos da deficiência de boro, isto é, folhas mais novas coriáceas e enrugadas. Assim, quando do uso dessa técnica, é importante conhecer o histórico da cultura em relação ao manejo do mato.

#### 4.2. Diagnose foliar

A principal vantagem da técnica da diagnose foliar em relação à da diagnose visual é que esta permite diagnosticar o problema antes que se manifeste o sintoma, isto é, permite identificar a “fome oculta” do elemento. Para avaliação do estado nutricional pela técnica da diagnose foliar, AMBROSANO et al. (1996) recomendam que seja coletada a 3ª folha com pecíolo de 30 plantas no início do florescimento, enquanto a EMBRAPA (1996) recomenda que sejam coletadas folhas recém-maduras com pecíolo, correspondente às 3ª e 4ª folhas trifolioladas a partir da haste principal, no período entre o início da floração e o pleno florescimento. Na Tabela 2 são apresentados os teores de nutrientes considerados adequados por esses autores, e também os encontrados por ORLANDO MARTINS e pela Fundação MS em soja com produtividade de cerca de 60 sacas/ha.

Analisando os dados da Tabela 2 e comparando-se os dados da pesquisa com os obtidos em solos com alta produtividade,

**Tabela 2. Faixa adequada de nutrientes para soja, segundo a pesquisa, e teores encontrados em culturas com produtividade de 60 sc/ha.**

| Nutrientes                      | AMBROSANO et al. (1996) | EMBRAPA (1996) | ORLANDO CARLOS MARTINS <sup>1</sup><br>64,5 sc ha <sup>-1</sup> | FUNDAÇÃO MS <sup>2</sup><br>> 60 sc ha <sup>-1</sup> |
|---------------------------------|-------------------------|----------------|---|--|
| ----- g kg <sup>-1</sup> -----  |                         |                |   |  |
| N                               | 40-54                   | 40,1-55,0      | 45,0  | 43,0   |
| P                               | 2,5-5,0                 | 2,6-5,0        | 2,4   | 3,4  |
| K                               | 17-25                   | 17,1-25,0      | 18,4  | 21,3   |
| Ca                              | 4-20                    | 3,6-20,0       | 7,9   | 9,4  |
| Mg                              | 3-10                    | 2,6-10,0       | 3,4   | 3,2  |
| S                               | 2,1-4,0                 | 2,1-4,0        | 2,3   | 2,4  |
| ----- mg kg <sup>-1</sup> ----- |                         |                |   |  |
| B                               | 21-55                   | 21-51          | 44  | 64   |
| Cu                              | 10-30                   | 10-40          | 10  | 8  |
| Fe                              | 50-350                  | 51-350         | 128   | 155  |
| Mn                              | 20-100                  | 21-100         | 62  | 71   |
| Mo                              | 1,0-5,0                 | 1,0-5,0        | -   | -  |
| Zn                              | 20-50                   | 21-50          | 45  | 51   |

<sup>1</sup> Informação pessoal.

<sup>2</sup> Informação pessoal de Dirceu Luiz Broch.

observa-se que o elemento cobre (Cu) é o que apresenta mais discordância, ou seja, os valores normalmente encontrados em lavouras com alta produtividade são menores que aqueles encontrados pela pesquisa, com média ao redor de 10 mg kg<sup>-1</sup>. Esses valores também estão de acordo com os encontrados por VITTI & LUZ (2000), observados à campo na safra 1999/00 em uma série de cultivares no Triângulo Mineiro, conforme dados apresentados na Tabela 3.

### 4.3. Análise de solo

Os dados de interpretação de análise de solo utilizados por várias instituições de pesquisa em diversas regiões do país estão descritos a seguir.

#### a) Estado de São Paulo

Os limites de interpretação atualmente utilizados para o Estado de São Paulo, para os métodos de extração de P, K e Mg pela resina trocadora de íons, bem como para parâmetros de acidez do solo estão apresentados nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos (RAIJ et al., 1996).**

| Teor        | Produção relativa (%) | K trocável mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | P-resina mg dm <sup>-3</sup> |
|-------------|-----------------------|---|------------------------------|
| Muito baixo | 0-70                  | 0,0-0,7                                       | 0-6                          |
| Baixo       | 71-90                 | 0,8-1,5                                       | 7-15                         |
| Médio       | 91-100                | 1,6-3,0                                       | 16-40                        |
| Alto        | > 100                 | 3,1-6,0                                       | 41-80                        |
| Muito alto  | > 100                 | > 6,0   | > 80                         |

A Tabela 6 apresenta a interpretação dos teores de micronutrientes, sendo o boro extraído por água quente e os micronutrientes metálicos pelo DTPA (RAIJ et al., 1996), e a Tabela 7 a interpretação dos teores de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, extraído em NH<sub>4</sub>OAc e Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> contendo 500 ppm P (VITTI, 1989).

**Tabela 6. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos (RAIJ et al., 1996).**

| Teor                            | B         | Cu      | Fe   | Mn      | Zn      |
|---------------------------------|-----------|---------|------|---------|---------|
| ----- mg dm <sup>-3</sup> ----- |           |         |      |         |         |
| 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   |

**Tabela 7. Interpretação dos teores de S-SO<sub>4</sub> do solo em dois extratores (VITTI, 1989).**

| Teor       | S-SO <sub>4</sub> (mg dm <sup>-3</sup> ) |  |
|------------|--|--|
|            | NH <sub>4</sub> OAc.HOAc                 | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 500 ppm P |
| Muito alto | 0,0-5,0                                  | 0-2,5  |
| Baixo      | 5,1-10,0                                 | 2,5-5,0  |
| Médio      | 10,1-15,0                                | 5,1-10   |
| Adequado   | > 15,0                                   | > 10   |

#### b) Cerrado

Os dados para interpretação da análise de solo para a extração de P e K pelo método Mehlich I bem como para extração de micronutrientes, atualmente utilizadas para as regiões do Cerrado, estão apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente.

**Tabela 8. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação fosfatada (fósforo extraído pelo método Mehlich I).**

| Teor de argila | Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> ) |            |             |        |
|----------------|----------------------------------|------------|-------------|--------|
|                | Muito baixo                      | Baixo      | Médio       | Bom    |
| 61-80          | 0 a 1,1                          | 1,1 a 2,0  | 2,1 a 3,0   | > 3,0  |
| 41-60          | 0 a 3,0                          | 3,1 a 6,0  | 6,1 a 8,0   | > 8,0  |
| 21-40          | 0 a 5,0                          | 5,1 a 10,0 | 10,1 a 14,0 | > 14,0 |
| < 20           | 0 a 6,0                          | 6,1 a 12,0 | 12,1 a 18,0 | > 18,0 |

Fonte: EMBRAPA-CPAC (SOUZA et al., 1997).

**Tabela 3. Teores de nutrientes em folhas de soja obtidos pela técnica da diagnose foliar (VITTI & LUZ, 2000).**

| Cultivar                       | N    | P   | K    | Ca   | Mg  | S   | B  | Cu | Fe  | Mn | Zn |
|--------------------------------|------|-----|------|------|-----|-----|----|----|-----|----|----|
| ----- g kg <sup>-1</sup> ----- |      |     |      |      |     |     |    |    |     |    |    |
| Garimpo                        | 44,8 | 2,9 | 18,6 | 10,2 | 4,1 | 2,2 | 38 | 8  | 135 | 33 | 32 |
| Emgopa 315                     | 46,9 | 2,3 | 16,7 | 12,2 | 5,2 | 2,2 | 26 | 11 | 107 | 26 | 34 |
| Conquista                      | 47,2 | 3,1 | 22,3 | 10,2 | 5,4 | 2,3 | 46 | 7  | 147 | 35 | 35 |
| Segurança                      | 47,3 | 3,4 | 23,6 | 8,2  | 5,2 | 2,0 | 42 | 9  | 150 | 34 | 37 |

**Tabela 5. Interpretação de parâmetros da acidez e de magnésio (RAIJ et al., 1996).**

| Acidez     | pH CaCl <sub>2</sub> | Saturação por bases | V (%) | Teor  | Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |
|------------|----------------------|---------------------|-------|-------|---------------------------------------|
| Muito alta | até 4,3              | Muito alta          | 0-25  | Baixo | 0-4                                   |
| Baixa      | 4,4-5,0              | Baixa               | 26-50 | Médio | 5-10                                  |
| Média      | 5,1-5,5              | Média               | 51-70 | Alto  | > 10                                  |
| Alta       | 5,6-6,0              | Alta                | 71-90 |       |                                       |
| Muito alta | > 6,0                | Muito alta          | > 90  |       |                                       |

**Tabela 9. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação potássica (potássio extraído pelo método Mehlich I).**

| Interpretação | Teor de K (mg dm <sup>-3</sup> )* |
|---------------|-----------------------------------|
| Muito baixo   | 0-25                              |
| Baixo         | 26-50                             |
| Médio         | 51-80                             |
| Bom           | > 80                              |

\* mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> = mg dm<sup>-3</sup>/40.

**Tabela 10. Interpretação de resultados de análise de solos para micronutrientes para culturas anuais na região dos cerrados.**

| Micronutrientes   | Teor de nutrientes (mg dm <sup>-3</sup> ) |           |       |
|-------------------|---|-----------|-------|
|                   | Baixo                                     | Médio     | Bom   |
| B <sup>(1)</sup>  | < 0,2                                     | 0,3 a 0,5 | > 0,5 |
| Cu <sup>(2)</sup> | < 0,4                                     | 0,5 a 0,8 | > 0,8 |
| Mn <sup>(2)</sup> | < 1,9                                     | 2,0 a 5,0 | > 5,0 |
| Zn <sup>(2)</sup> | < 1,0                                     | 1,1 a 1,6 | < 1,6 |

<sup>(1)</sup> Extrator água quente. Fonte: EMBRAPA (1984).

<sup>(2)</sup> Extrator Mehlich I (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025). Fonte: CNPSO (1998) e GALRÃO (1998).

### c) Rio Grande do Sul e Santa Catarina

As Tabelas 11, 12, 13 e 14 apresentam os limites de interpretação dos teores de P, K, S e micronutrientes, bem como os parâmetros de acidez do solo, atualmente utilizados para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

**Tabela 11. Limites de interpretação dos teores de fósforo extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).**

| Faixas de teor de P no solo | Classe do solo <sup>1</sup> |       |        |         |         |       |
|-----------------------------|-----------------------------|-------|--------|---------|---------|-------|
|                             | 1                           | 2     | 3      | 4       | 5       | 6     |
| Limitante                   | ≤1                          | ≤1,5  | ≤2     | ≤3      | ≤4      | -     |
| Muito baixo                 | 1,1-2                       | 1,6-3 | 2,1-4  | 3,1-6   | 4,1-8   | -     |
| Baixo                       | 2,1-4                       | 3,1-6 | 4,1-9  | 6,1-12  | 8,1-16  | ≤3    |
| Médio                       | 4,1-6                       | 6,1-9 | 9,1-14 | 12,1-18 | 16,1-24 | 3,1-6 |
| Suficiente                  | >6                          | >9    | >14    | >18     | >24     | >6    |
| Alto                        | >8                          | >12   | >18    | >24     | >30     | -     |

**Classe 1: > 55% de argila e/ou solos.** Erexim, Durox, Vacaria, Santo Angelo, Aceguá, Pouso Redondo, Boa Vista, etc.

**Classe 2: 41 a 55% de argila e/ou solos.** Passo Fundo franco-argiloso e argiloso, Estação, Oásis, Ciríaco, Associação Ciríaco-Charrua, São Borja, Vila, Farroupilha, Rancho Grande, Içara, etc.

**Classe 2: 26 a 40% de argila e/ou solos.** Passo Fundo franco arenoso e arenoso, Júlio de Castilhos, São Jerônimo, Alto das Canas, São Gabriel, Canoinhas, Jacinto Machado, Lages, etc.

**Classe 4: 11 a 25% de argila e/ou solos.** Cruz Alta, Tupanciretã, Rio Pardo, Camaquã, Bagé, Bexigoso, Pelotas, São Pedro, Santa Maria, Pinheiro Machado, etc.

**Classe 5: 10% de argila e/ou solos.** Bom Retiro, Tuia, Vacaçaí, etc.

**Classe 6: solos alagados** (arroz irrigado por inundação).

Nota: considerar como classe 2 os solos Ciríaco, Associação Ciríaco-Charrua, São Borja, Oásis, Farroupilha, etc., que apresentam elevado teor de silte.

**Tabela 12. Interpretação do pH e de Ca e Mg (Fonte: CFS-RS/SC, 1994).**

| Acidez      | pH em água | Teor  | Ca<br>----- cmol <sub>c</sub> /L ----- | Mg      |
|-------------|------------|-------|--|---------|
| Muito baixa | ≤ 5,0      | Baixo | ≤ 2,0                                  | ≤ 0,5   |
| Baixa       | 5,1-5,5    | Médio | 2,1-4,0                                | 0,6-1,0 |
| Média       | 5,6 -6,0   | Alto  | > 4,0                                  | > 1,0   |
| Alta        | 5,6 -6,0   |       |  |         |

**Tabela 13. Limites de interpretação dos teores de potássio extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).**

| Interpretação | Teor de K (mg/L) |
|---------------|------------------|
| Limitante     | ≤ 20             |
| Muito baixo   | 21-40            |
| Baixo         | 41-60            |
| Médio         | 61-80            |
| Suficiente    | 81-120           |
| Alto          | > 120            |

**Tabela 14. Limites de interpretação dos teores de enxofre e micronutrientes extraível do solo (CFS-RS/SC, 1994).**

| Teor no solo | Enxofre          | Cobre      | Zinco      | Boro     |
|--------------|------------------|------------|------------|----------|
|              | ----- mg/L ----- |            |            |          |
| Baixo        | < 2,0            | < 0,15     | < 0,2      | < 0,1    |
| Médio        | 2,0 -5,0         | 0,15 -0,40 | 0,20 -0,50 | 0,1- 0,3 |
| Suficiente   | > 5,0*           | > 0,40     | > 0,50     | > 0,3    |

Extratores: enxofre (fosfato de cálcio); cobre e zinco (HCl 0,1M); boro (água quente).

\* 10mg/L para leguminosas e para culturas mais exigentes em enxofre (brássicas, liliáceas, etc.).

## 5. MANEJO QUÍMICO DO SOLO

### 5.1. Calagem

Existem três critérios principais para se determinar a necessidade de calagem, ou seja:

*a) Neutralização do alumínio e/ou elevação dos teores de cálcio e magnésio (CFSEMG, 1999)*

#### a1) Minas Gerais

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem (NC em t ha<sup>-1</sup>) para a camada de 0-20 cm, e considerando calcário com PRNT de 100%, é expressa do seguinte modo:

$$NC (t ha^{-1}) = [(l \times Y \times cmol_c Al dm^{-3}) + (X - cmol_c Ca + Mg dm^{-3})]$$

onde:

l = 1,0 (soja)

Y = 1,0 (solos arenosos), 2,0 (solos textura média), 3,0 (solos argilosos) e 4,0 (solos muito argilosos)

X = 2,0 (soja)

#### a2) Região de cerrado

- Argila > 200 g kg<sup>-1</sup> e Ca + Mg < 2,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

$$NC (t ha^{-1}) = [2 \times cmol_c Al dm^{-3} + (2 - cmol_c Ca + Mg dm^{-3})]$$

- Argila > 200 g kg<sup>-1</sup> e Ca + Mg > 2,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

$$NC (t ha^{-1}) = (2 \times cmol_c Al dm^{-3})$$

- Argila < 200 g kg<sup>-1</sup> (utiliza a expressão com maior recomendação)

$$NC (t ha^{-1}) = 2 \times cmol_c Al^{3+} dm^{-3} \text{ ou}$$

$$NC (t ha^{-1}) = 2 - (cmol_c Ca^{2+} + Mg^{2+} dm^{-3})$$

#### b) Método do tampão SMP

Esse método é utilizado apenas nos Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As necessidades de calagem correlacionando o pH SMP obtido no laboratório de análise de solo com as necessidades de calagem visando elevar o pH em água por volta de 6,0 estão apresentadas na Tabela 15.

#### c) Método da saturação por bases (RAIJ et al., 1996)

A fórmula para cálculo da necessidade de calagem leva em consideração atributos do solo, corretivo e cultura. No caso da soja, V<sub>2</sub> = 60%, é expressa pela seguinte expressão:

$$NC (t ha^{-1}) = \frac{(V_2 - V_1) T}{10 PRNT}$$

onde:

NC = t ha<sup>-1</sup> de calcário para a camada de 0-20 cm.

V<sub>1</sub> = saturação por bases atual do solo = SB/T x 100

V<sub>2</sub> = saturação por bases mais adequada para soja = 60%

T = capacidade de troca catiônica potencial do solo (T = SB + H + Al) em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

**Tabela 15. Recomendações de calcário para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para a cultura da soja (CFS – RS/SC, 1994).**

| pH SMP                         | pH em água a atingir (6,0) | pH SMP | pH em água a atingir (6,0) |
|--------------------------------|----------------------------|--------|----------------------------|
| ----- t ha <sup>-1</sup> ----- |                            |        |                            |
| ≤ 4,4                          | 21,0                       | 5,8    | 4,2                        |
| 4,5                            | 17,3                       | 5,9    | 3,7                        |
| 4,6                            | 15,1                       | 6,0    | 3,2                        |
| 4,7                            | 13,3                       | 6,1    | 2,7                        |
| 4,8                            | 11,9                       | 6,2    | 2,2                        |
| 4,9                            | 10,7                       | 6,3    | 1,8                        |
| 5,0                            | 9,9                        | 6,4    | 1,4                        |
| 5,1                            | 9,1                        | 6,5    | 1,1                        |
| 5,2                            | 8,3                        | 6,6    | 0,8                        |
| 5,3                            | 7,5                        | 6,7    | 0,5                        |
| 5,4                            | 6,8                        | 6,8    | 0,3                        |
| 5,5                            | 6,1                        | 6,9    | 0,2                        |
| 5,6                            | 5,4                        | 7,0    | 0                          |
| 5,7                            | 4,8                        |        |                            |

#### d) Calagem em plantio direto e/ou cultivo mínimo

Além dos métodos de calagem anteriormente descritos é importante mencionar a utilização dessa prática em sistema de plantio direto e/ou cultivo mínimo.

Assim, na implantação do sistema de plantio direto (PD) fazer a correção do solo a mais profunda possível, procurando elevar o V na faixa de 60 a 70%. Após a consolidação do processo, que pode levar de quatro a cinco anos, a calagem deve ser reduzida, pois o solo apresenta maiores teores de matéria orgânica, a qual complexa íons metálicos como Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>. Pode-se seguir os seguintes critérios (LOPES et al., 1999):

#### d1) Estados de São Paulo e Paraná (SÁ, 1998)

| Solo                     | Doses <sup>(*)</sup> | Dose máxima (t ha <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Argiloso                 | 1/3 a 1/2            | 2,5                               |
| Argilo-arenoso e arenoso | 1/2                  | 2,0                               |

<sup>(\*)</sup> Da dose calculada pelo critério de saturação por bases (V%) na profundidade de amostragem de 0-20 cm.

Quando a saturação por bases for igual ou superior a 50% a aplicação de calcário em superfície é dispensada.

#### d2) Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (NRS-SBCS, 1997)

Tem-se observado que no sistema de plantio direto as culturas respondem à calagem num nível de pH mais baixo em relação ao convencional e que a aplicação de calcário em superfície tem sido eficaz em reduzir a acidez do solo. Em função dessas observações foram propostos novos critérios para recomendação dessa prática, ou seja:

(1) Reaplicar calcário quando o pH (H<sub>2</sub>O) for menor que 5,5 ou V% < 60;

(2) Para se atingirem valores de pH 5,5 ou 6,0 as doses recomendadas pelo índice SMP podem ser reduzidas para ½ (metade) e ¼ (um quarto) respectivamente, conforme Tabela 15.

Essa tendência de diminuição da dose de calcário também está sendo observada em Estados do Brasil Central, formados basicamente por solos sob vegetação de cerrado com predominância de argilas sesquioxídicas de elevado ponto de carga zero (PCZ) e baixa CTC efetiva. Assim, SOUZA et al. (1993) observaram, para a cultura de soja, que valores de produtividade máxima foram alcançados com V% = 50.

Para o sucesso na prática da calagem, além dos denominados fatores “externos” ou de aplicação do calcário, como uniformidade e antecedência na aplicação e incorporação, no caso da implantação do plantio direto também devem ser levados em consideração fatores do corretivo e fatores econômicos.

Além dos fatores intrínsecos do corretivo, como poder de neutralização (PN), reatividade (RE), poder relativo de neutralização total (PRNT) e efeito residual (ER), também é importante observar os teores de MgO do calcário, ou seja, calcários calcíticos (%MgO < 5), magnesianos (5 a 12%MgO) e dolomíticos (%MgO > 12). Assim, quando da escolha de um desses três tipos de calcário, é importante atentar para os seguintes aspectos:

- Teor de Mg do solo
- Porcentagem de Ca (Ca%T) e de Mg (Mg%T) no solo
- Relação Ca/Mg no solo
- Quantidade de gesso utilizada (VITTI, 2000).

#### a) Teor de Mg do solo

Inicialmente, observar o teor de Mg do solo visando atingir um nível mínimo de 5,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Quando o teor estiver abaixo desse valor dar preferência para calcários mais ricos em Mg, como os dolomíticos.

Em regiões com alta disponibilidade de calcário calcítico pode-se optar pela sua utilização para correção da acidez do solo e aplicação de Mg no sulco de plantio da cultura das seguintes maneiras:

(1) utilização de calcário dolomítico “filler” ou magnesiano na 3ª caixa em doses variáveis de 250 a 400 kg ha<sup>-1</sup>.

(2) utilização de uma fonte de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> contendo magnésio, como multifosfato magnesiano (3,5% Mg) ou termofosfato magnesiano (9,0% Mg). Assim, na cultura da soja, aplicar 30 kg de Mg/ha para uma produção de 3,0 t/ha de grãos.

#### b) Porcentagem de Ca e de Mg do solo

Procura-se estabelecer um equilíbrio de bases no solo para atingir o máximo potencial de produtividade, conforme dados apresentados na Tabela 16.

**Tabela 16. Porcentagem de saturação de K, Mg e Ca em relação ao valor T do solo, na faixa de V% mais adequada para a soja.**

| V% | K%T | Mg%T | Ca%T |
|----|-----|------|------|
| 50 | 4   | 11   | 35   |
| 60 | 5   | 15   | 40   |
| 70 | 5   | 16   | 48   |

Na Tabela 17 está apresentada a importância das interações Ca, Mg e K na nutrição da soja.

**Tabela 17. Relações (Ca+Mg)/K do solo e aspectos das culturas da soja (MASCARENHAS et al., 1988).**

| (Ca+Mg)/K | Interpretação                 |
|-----------|-------------------------------|
| 22 a 30   | Normal com alta produtividade |
| 56        | Deficiente em potássio        |
| > 64      | Haste verde e retenção foliar |

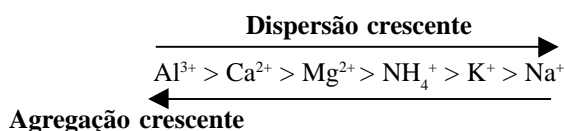
Além das interações iônicas entre as bases do solo, MOREIRA (1999) estudou a influência do magnésio na absorção e transporte do manganês e do zinco na soja, em estudo conduzido em condições de casa de vegetação. Nas condições desses experimentos, os resultados permitiram concluir que existe um efeito de inibição não competitiva entre o Mg e o Zn e entre o Mg e Mn; o aumento na concentração de Mg na solução diminui significativamente a absorção de Zn e de Mn.

#### c) Relação Ca/Mg no solo

Uma vez respeitado o teor de Mg no solo, citado anteriormente, observar a relação Ca/Mg do solo, principalmente quando a mesma apresentar valores de relação ≤ 2/1, dando-se preferência a calcários calcíticos ou magnesianos.

Essa relação, embora ainda muito discutida, tem mostrado que em solos de alta fertilidade natural a relação Ca/Mg é de 4/1, sendo que o calcário não precisa, necessariamente, ter essa relação (LOPES, 1995)<sup>(1)</sup>.

Além dos efeitos químicos e nutricionais, é importante ressaltar o maior efeito agregante do cálcio em relação ao magnésio, bastando para isso, observar a série liotrópica citada em FASSBENDER (1978) e BRADY (1979):



Analisando essa série observa-se que, dentre os nutrientes, o Ca<sup>2+</sup> é o que tem maior efeito agregante no solo, aumentando a permeabilidade e a infiltração de água e, conseqüentemente, os efeitos no desenvolvimento do sistema radicular.

De modo genérico, procurar manter no solo uma relação K:Mg:Ca de 1:3:9 a 1:5:25, conforme dados apresentados na Tabela 16.

#### e) Quantidade de gesso utilizada

Evidentemente, quando do uso do gesso agrícola (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O = 26% CaO) como condicionador do subsolo, observar as doses utilizadas, dando-se preferências para calcários com maiores teores de Mg (dolomítico e magnesiano), lembrando-se que a adição de 1,0 t ha<sup>-1</sup> desse insumo, com cerca de 20% de umidade, promove acréscimo de cerca de 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>++</sup> (VITTI & MALAVOLTA, 1985).

Para facilidade de cálculo, na Tabela 18 estão apresentadas as equivalências entre os teores de K, Ca e Mg da análise de solos com as quantidades correspondentes desses elementos na camada arável (0-20 cm), considerando a densidade do solo = 1,0.

<sup>(1)</sup> LOPES, A.S. (ANDA, São Paulo). Comunicação por escrito apresentada em 17/05/95.

**Tabela 18. Correspondência entre teores de K, Ca e Mg em solos.**

| Elemento | Teor no solo                       |                     | Peso de 2.000.000 de litros de terra (1 ha) |                    |                      |
|----------|------------------------------------|---------------------|---|--------------------|----------------------|
|          | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | Elemento                                    | Óxido              | Carbonato            |
| Potássio | 1                                  | 400                 | 800   | 960 <sup>(1)</sup> | -                    |
| Cálcio   | 1                                  | 200                 | 400   | 560 <sup>(1)</sup> | 1.000 <sup>(2)</sup> |
| Magnésio | 1                                  | 120                 | 240   | 400 <sup>(1)</sup> | 840 <sup>(2)</sup>   |

<sup>(1)</sup> K<sub>2</sub>O, CaO e MgO, respectivamente.

<sup>(2)</sup> CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>, respectivamente.

## 5.2. Gessagem

Em solos sob vegetação de cerrado, principalmente naqueles com maior capacidade de infiltração de água, como os Latossolos e a Areia Quartzosa, o gesso agrícola tem apresentado excelentes resultados como condicionador de solo de subsuperfície. Os principais diagnósticos utilizados para recomendação do gesso agrícola como condicionador de subsuperfície são:

a) Amostragem do solo nas profundidades de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm;

b) Teste biológico (SOUZA et al., 1996).

Quanto ao primeiro diagnóstico, recomenda-se a utilização de gesso quando as análises de solo revelarem as seguintes situações:

- Ca ≤ 4,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou
- Al ≥ 5,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> ou
- m% ≥ 30% (CFSEMG, 1999).

As doses de gesso recomendadas quando da ocorrência de uma das três alternativas citadas pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$NG \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = 5 \times \text{g kg}^{-1} \text{ de argila (SOUZA et al., 1996)}$$

SOUZA et al. (1996) também sugerem a recomendação do gesso baseado na classificação textural do solo conforme dados apresentados na Tabela 19.

**Tabela 19. Recomendação de gesso agrícola em função da classificação textural do solo para culturas anuais (SOUZA et al., 1996).**

| Textura do solo | Argila (%) | Gesso (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|------------|------------------------------|
| Arenosa         | < 15       | 700                          |
| Média           | 16 a 35    | 1.200                        |
| Argilosa        | 36 a 60    | 2.200                        |
| Muito argilosa  | > 60       | 3.200                        |

A aplicação do gesso é feita após a calagem, em área total, utilizando-se de preferência equipamentos com dosador volumétrico tipo esteira, com distribuidor centrífugo de dois discos.

## 5.3. Adubação corretiva para fósforo e potássio

### 5.3.1. Fosfatagem

A fosfatagem é utilizada principalmente em solos sob vegetação de cerrado quando da implantação do sistema de plantio direto. A fosfatagem é baseada nos teores de P do solo (Mehlich 1), adotando-se essa prática quando os teores desse nutriente no solo estiverem classificados nas classes de muito baixo e baixo, conforme dados apresentados na Tabela 8. São apresentadas duas filosofias para recomendação de adubação fosfatada corretiva:

- (1) A correção do solo de uma só vez (a lanço) com manutenção do nível de fertilidade atingido através de adubação no sulco de plantio, e
- (2) A correção gradativa através de aplicações anuais no sulco de plantio, conforme dados apresentados na Tabela 20.

**Tabela 20. Recomendação fosfatada corretiva, a lanço, e adubação fosfatada corretiva gradual, no sulco de semeadura, de acordo com a classe de disponibilidade de P e o teor de argila (EMBRAPA-CPAC, SOUZA et al., 1987).**

| Teor de argila (%) | Adubação fosfatada (kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ) |         |                         |         |
|--------------------|--|---------|-------------------------|---------|
|                    | --- Corretiva total ---  |         | -- Corretiva gradual -- |         |
|                    | P muito baixo  | P baixo | P muito baixo           | P baixo |
| 61 a 80            | 240  | 120     | 100                     | 90      |
| 41 a 60            | 180  | 90      | 90                      | 80      |
| 21 a 40            | 120  | 60      | 80                      | 70      |
| < 20               | 100  | 50      | 70                      | 60      |

As fontes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mais indicadas para a fosfatagem estão apresentadas na Tabela 21.

Analisando-se essas fontes observa-se que o superfosfato simples contém gesso em sua composição, enquanto o termofosfato apresenta, além do Ca, o Mg, bem como silicato e índice de basicidade ao redor de 50. O multifosfato magnésiano apresenta Ca, Mg e S, enquanto os fosfatos reativos apresentam teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em HCl cerca de três vezes superior aos dos fosfatos naturais de ocorrência no Brasil (Apatitas), bem como apresentam origem sedimentar e são mais “moles” do que os nossos fosfatos (Fosforitas). Observa-se também que os termo e os multifosfatos podem apresentar micronutrientes em sua composição.

**Tabela 21. Principais características de fontes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.**

| Adubos             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |      |                   |                  | Ca | Mg  | S   | B    | Zn   | Cu   | Mn   | SiO <sub>2</sub> |
|--------------------|-------------------------------|------|-------------------|------------------|----|-----|-----|------|------|------|------|------------------|
|                    | Total                         | HCl  | CiNH <sub>4</sub> | H <sub>2</sub> O |    |     |     |      |      |      |      |                  |
| Super Simples      | 20/21                         | -    | 18                | 16               | 19 | -   | 12  | -    | -    | -    | -    | -                |
| Super Triplo       | 44/46                         | -    | 43                | 37               | 13 | -   | 2   | -    | -    | -    | -    | -                |
| Yoorin Mg          | 18                            | 16,5 | -                 | -                | 20 | 9   | -   | -    | -    | -    | -    | 25               |
| Yoorin BZ          | 17,5                          | 16,0 | -                 | -                | 20 | 9   | -   | 0,15 | 0,4  | -    | -    | 25               |
| Yoorin Master 1    | 17,5                          | 16,0 | -                 | -                | 20 | 9   | -   | 0,10 | 0,55 | 0,05 | 0,12 | 25               |
| Yoorin Master 2    | 17,5                          | 12,0 | -                 | -                | 18 | 8   | 6   | 0,20 | 0,50 | 0,20 | 0,40 | 25               |
| Fosmag 464         | 18                            | 18   | 18                | 6                | 14 | 3,5 | 10  | 0,15 | 0,65 | 0,18 | -    | -                |
| Fosmag 431         | 18                            | 18   | 18                | 6                | 13 | 3   | 13  | 0,40 | 0,60 | 0,15 | -    | -                |
| Fosmag 509-M6      | 24                            | 24   | 14                | 5                | 14 | 3,2 | 8,2 | 0,20 | 0,75 | 0,30 | 0,3  |                  |
| Hiperfosfato Arad  | 33                            | 10,5 | -                 | -                | 37 |     |     |      |      |      |      |                  |
| Hiperfosfato Gafsa | 29                            | 9,0  | -                 | -                | 34 |     |     |      |      |      |      |                  |
| Hiperfosfato Daoui | 32                            | 11,0 | -                 | -                | 36 |     |     |      |      |      |      |                  |
| MAP <sup>(*)</sup> | 52                            | 50   | 52                | 50               |    |     |     |      |      |      |      |                  |

(\*) 10% N.

A importância da adubação fosfatada na nutrição da soja, bem como do espaçamento, foi demonstrada por VENTIMIGLIA et al. (1999) os quais desenvolveram um experimento em solo Podzólico Vermelho Escuro visando avaliar o potencial produtivo de grãos de soja nos estádios fenológicos R2 (florescimento), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação), utilizando como tratamentos dois níveis de P no solo (3 e 15 ppm) e dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm), com a cultivar precoce OCEPAR 14 (Tabela 22). Os resultados levaram às seguintes conclusões:

a) o potencial de rendimento, na média dos tratamentos, é de 18 t/ha, se todas as flores obtidas em R2 alcançarem R8; no que tange ao estádio R5, se todos os legumes formados continuarem evoluindo até R8, esse potencial é de 10 t/ha;

b) a deficiência de P no solo diminui o potencial de rendimento nos estádios reprodutivos iniciais, como o florescimento, pela menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas; o efeito da deficiência de P continua a se manifestar na formação de menor quantidade e maior aborto de legumes, o que resulta na diminuição do potencial de rendimento;

c) o menor espaçamento entre linhas proporciona melhor distribuição espacial das plantas na área, o que determina maiores potenciais de rendimento.

Na Figura 1 está apresentada a estimativa do potencial de rendimento de grãos em função dos estádios fenológicos, dos teores de P do solo e do espaçamento.

### 5.3.2. Potassagem

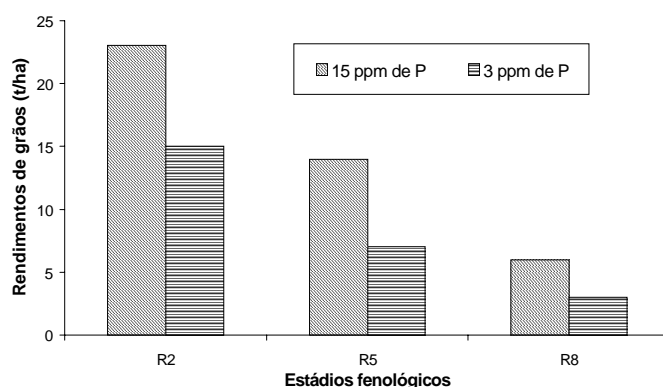
A adubação corretiva com potássio, em solos sob vegetação de cerrado, deve ser feita a lanço somente em solos com teores de argila acima de 20%, conforme apresentada na Tabela 23.

Em experimento de longa duração em um Latossolo Roxo distrófico de Mauá da Serra-PR, BORKERT et al. (1997) estudaram a melhor técnica de adubação corretiva com K e o efeito residual dessa adubação. Nos primeiros cinco anos de condução do

**Tabela 22. Número de flores e legumes produzidos por planta de soja, cultivar OCEPAR 14, em dois espaçamentos entre linhas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95<sup>1</sup> (VENTIMIGLIA et al., 1999).**

| Espaçamento (cm) | Flores/m <sup>2</sup> | Legumes/m <sup>2</sup> | Legumes férteis/m <sup>2</sup> |
|------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|
|                  | R2                    | R5                     | R8                             |
| 20               | 7.553 a               | 4.166 a                | 1.892                          |
| 40               | 5.019 b               | 2.922 b                | 1.418                          |
| Média            | 6.286                 | 3.544                  | 1.655                          |
| C.V. (%)         | 22                    | 30                     | 35                             |

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem pelo teste de Dunnett (P < 0,05); R2 = florescimento, R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.



**Figura 1. Estimativa do potencial de rendimento de grãos de soja, cultivar OCEPAR 14, nos estádios R2 e R5, se nenhuma flor ou legume abortar; rendimento real de grãos no estádio R8 e percentual relativo de rendimento das determinações. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95. (VENTIMIGLIA et al., 1999).**

**Tabela 23. Adubação corretiva de potássio para solos de cerrado com teor de argila > 20%, de acordo com dados de análise de solo (EMBRAPA, 1998).**

| Teor de K              |                                       | K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|---------------------------------------|--|
| (mg dm <sup>-3</sup> ) | (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |  |
| 0-25                   | < 0,06                                | 100  |
| 26-50                  | 0,07-0,13                             | 50   |
| > 50                   | > 0,13                                | 0 <sup>(*)</sup>                           |

(\*) Após atingir o nível de K acima desse valor, recomenda-se uma adubação de manutenção de 20 kg de K<sub>2</sub>O/t de grãos de soja.

experimento (1983 a 1987), foram aplicados, anualmente, 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg/ha de K<sub>2</sub>O (KCl), no sulco de semeadura e a lanço, sendo que nos cinco anos agrícolas seguintes a soja foi cultivada sem adubação potássica.

Em relação ao teor de K do solo, concluiu-se que se o teor de K for < 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> a soja não pode ser cultivada sem adubação corretiva e de manutenção, devendo ser aplicada na sucessão soja-trigo para se obter produtividade de 2.500 a 3.000 kg/ha, adubação corretiva de 150 a 200 kg de K<sub>2</sub>O/ha, mais adubação de manutenção de 80 kg de K<sub>2</sub>O/ha.ano. Quanto ao teor de K de folhas do terço superior na época da floração, concluiu-se que a alta produtividade de soja está associada a teores de K acima de 17,1 g kg<sup>-1</sup>; que sintomas severos de deficiência de K e queda de produtividade estão associados a teores de K < 12,59 g kg<sup>-1</sup> e que há grande probabilidade de haver limitação na produção de grãos quando houver seca antes da floração (> 15 dias) e os teores de K nas folhas estiverem entre 12,5 e 17,0 g kg<sup>-1</sup> (fome oculta).

#### 5.4. Adubação de manutenção para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O

##### a) Região de Cerrados

Na adubação de manutenção, em região sob vegetação de cerrado, é recomendada a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O por tonelada de grãos de soja, quando os teores de P do solo estiverem classificados na classe de P médio e P bom (Tabela 8), enquanto para o potássio, quando os teores estiverem acima de

30 mg dm<sup>-3</sup> (solos com argila < 20%) e acima de 50 mg dm<sup>-3</sup> (solos com argila > 20%) (Tabela 23). As principais formulações para essas condições estão apresentadas na Tabela 24.

Analisando-se essas formulações observa-se que as mesmas podem apresentar conteúdos significativos de enxofre e de cálcio, principalmente quando são utilizadas altas doses de superfosfato simples, o que não deixa de ser interessante, principalmente em solos pobres em S como os de cerrado. Por outro lado, há formulações contendo nitrogênio, o que pode ser interessante na sucessão do plantio da soja após uma gramínea, como milheto, trigo, aveia, sorgo ou milho, devido à alta relação C/N desses materiais. Quanto ao nitrogênio, HUNGRIA et al. (1997) mostraram não haver benefícios da adição de N mineral, mesmo em lavouras de alta produtividade. Entretanto, devido à facilidade na obtenção de fórmulas de fertilizantes com N, as mesmas poderão ser utilizadas, desde que não ultrapassem a dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, para não onerar em demasia os custos de produção, além do que doses superiores a essa podem inibir drasticamente a formação de nódulos, reduzindo o processo biológico da fixação.

Entretanto, em soja cultivada no inverno, NOVO et al. (1999), em três experimentos conduzidos nas Estações Experimentais de Mococa, Ribeirão Preto e Votuporanga, respectivamente em solos Podzólico Vermelho Escuro, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro, estudaram o efeito do nitrogênio (uréia: 0, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N) e do potássio (KCl: 0, 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) sobre a nodulação, fixação simbiótica do N<sub>2</sub>, teor de N dos grãos e produtividade em dois cultivares de soja (IAC-8 e IAC-14) em cultivo de inverno. Os resultados mostraram que apenas a inoculação não forneceu nitrogênio nas quantidades exigidas para maximizar a produtividade da soja. A adubação nitrogenada prejudicou a nodulação e a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> mas aumentou a produtividade e o teor de N dos grãos de soja nas três localidades. A adubação potássica não prejudicou a nodulação, a fixação simbiótica do N<sub>2</sub> e o teor de N dos grãos, sendo que a cultivar IAC-14 apresentou nodulação e produtividade maiores quando foi adicionado o K.

A dose de 50 kg/ha de N resultou em aumento de produtividade de 1.406 (N<sub>0</sub>) para 2.063 kg ha<sup>-1</sup> em Mococa, ou seja, 47%, enquanto em Ribeirão Preto o aumento foi de 2.188 para 2.667 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 22%.

**Tabela 24. Formulações para soja mais utilizadas na região do cerrado (EMBRAPA, 1998).**

| Fórmula   | MAP                     | SPT | SPS | KCl           | S   | Ca   |
|---|-------------------------|-----|-----|---------------|-----|------|
| N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O | ----- kg/1.000 kg ----- |     |     | ----- % ----- |     |      |
| 0-20-20   | -                       | 265 | 401 | 334           | 4,0 | 10,0 |
| 0-20-15   | -                       | 326 | 257 | 417           | 2,5 | 9,0  |
| 0-20-10   | -                       | 142 | 691 | 167           | 7,0 | 14,0 |
| 0-10-30   | -                       | 9   | 491 | 500           | 5,0 | 9,0  |
| 0-30-10   | -                       | 519 | 314 | 167           | 3,0 | 12,0 |
| 0-20-30   | -                       | 387 | 113 | 500           | 1,2 | 6,8  |
| 0-25-25   | -                       | 515 | 68  | 417           | 0,7 | 7,4  |
| 0-25-20   | -                       | 454 | 212 | 334           | 2,3 | 9,5  |
| 0-18-18   | -                       | 164 | 536 | 300           | 6,0 | 12,0 |
| 0-30-15   | -                       | 580 | 170 | 250           | 1,7 | 10,0 |
| 2-20-20   | 182                     | 42  | 442 | 334           | 4,0 | 0,0  |
| 2-20-10   | 133                     | 0   | 673 | 167           | 7,0 | 12,0 |
| 2-28-20   | 182                     | 344 | 140 | 334           | 1,5 | 6,8  |

## b) Estado de São Paulo

Para o Estado de São Paulo, MASCARENHAS & TANAKA (1996) recomendam para a adubação no sulco de semeadura as quantidades de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  baseadas na produtividade esperada e nos teores desses elementos no solo, conforme Tabela 25.

Em relação ao K, SACRAMENTO & ROSOLEM (1998), em condições de solução nutritiva, obtiveram resultados que mostraram diferenças entre as cultivares quanto à eficiência na utilização desse elemento, sendo que as cultivares IAC-11 e IAC-18, quando em insuficiência de K, são eficientes em suprir a parte aérea com potássio vindo de outros órgãos da planta e/ou absorvindo.

Em experimento conduzido em casa de vegetação, MASCARENHAS et al. (1997) verificaram o efeito da adubação potássica sobre o cancro da haste, utilizando dois cultivares de soja (IAC-17, resistente, e IAS-5, suscetível), constando os tratamentos de três épocas de inoculação das plantas (15, 30 e 45 dias após a emergência) com suspensão de esporos de *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* e cinco doses de potássio (0, 25, 64, 160 e 400 ppm de  $K_2O$ ) na forma de KCl. Os resultados comprovaram a resistência da cultivar IAC-17 e a suscetibilidade da IAS-5.

Observaram que as plantas inoculadas aos 15 dias após a emergência estavam mortas após a segunda avaliação enquanto aquelas inoculadas aos 30 e 45 dias sobreviveram por mais tempo. A inoculação com a concentração de  $10^3$  esporos/m mostrou ser a mais adequada para o tipo de avaliação proposta, e a presença de 160 ppm de  $K_2O$  retardou consideravelmente a evolução da doença, enquanto na dose de 400 ppm de  $K_2O$  a doença evoluiu mais rapidamente, provavelmente devido ao desequilíbrio entre cátions, que se refletiu na maior predisposição das plantas à infecção.

### 5.5. Adubação com enxofre

O fornecimento de enxofre é fundamental para o sucesso na cultura de soja pelas funções que o mesmo desempenha na planta, principalmente por estar diretamente envolvido no metabolismo do nitrogênio, seja pela sua participação na composição de aminoácidos (metionina, cistina, cisteína, taurina), bem como na composição da ferredoxina, enzima-chave no processo da fixação simbiótica do  $N_2$  atmosférico. Esses fatos, aliados à deficiência generalizada desse nutriente em solos sob vegetação de cerrado, requerem especial atenção quando no manejo desse nutriente. Assim, o enxofre pode ser fornecido para a cultura da soja nas seguintes maneiras:

(1) Quando da prática da gessagem visando o condicionamento do subsolo. Nesse caso, o fornecimento de enxofre estará sendo atendido por, no mínimo, três safras agrícolas,

(2) Utilização de fonte de  $P_2O_5$  contendo esse nutriente, como: superfosfato simples (12% S), termofosfatos (6% S) e hiperfosfatos (8% S) enriquecidos com S (Novaphós) ou do multifosfato magnésiano (4,2 a 8,0% S), no programa regular de adubação,

(3) Fornecimento de sulfato de amônio (21% N e 24% S) na cultura anterior. Assim, OLIVEIRA & BALBINO (1992/93 e 95) avaliaram durante três anos o rendimento da soja em sucessão ao trigo, após a aplicação de diferentes doses de nitrogênio, utilizando a uréia e o sulfato de amônio. Os autores observaram que a uréia, independente da dose, proporcionou aumento médio de 17% na produção da soja enquanto o fornecimento de sulfato de amônio, na dose de 50 e 100 kg N/ha, contribuiu para a obtenção de aumentos de 30 e 51%, respectivamente. Na Tabela 26 estão apresentados os tratamentos utilizados, bem como o efeito residual do trigo na cultura da soja subsequente.

A Figura 2 mostra que a utilização da dose de NPK recomendada (300 kg/ha de 05-20-20) para o plantio de trigo, combinada com o fornecimento de 250 kg/ha de sulfato de amônio em cobertura, promoveu aumento de produtividade equivalente a 547 kg/ha de trigo e 821 kg/ha de soja, em comparação aos tratamentos que receberam somente a adubação usual. Cabe acrescentar que os aumentos de produtividade proporcionaram retorno econômico equivalente a 2,7 vezes o capital investido na adubação da cultura de trigo e a 8,8 vezes o da cultura de soja.

(4) No caso do não uso das alternativas citadas pode-se empregar o gesso agrícola (15% S) em doses correspondentes a 15 kg  $ha^{-1}$  de S para cada tonelada de grãos (MASCARENHAS & TANAKA, 1996).

Assim, sugere-se a aplicação do gesso agrícola em área total em pré-plantio numa dosagem que, além do suprimento adequado de S, também permita operacionalidade na aplicação, ou seja, 500 kg  $ha^{-1}$  de gesso (cerca de 75 kg  $ha^{-1}$  de S).

### 5.6. Adubação com micronutrientes

#### 5.6.1. Aspectos gerais

A ocorrência de deficiência de micronutrientes na cultura de soja limitando a produtividade e influenciando na qualidade e nos aspectos fitossanitários tem aumentado de modo preocupante.

**Tabela 25. Adubação mineral de semeadura: as quantidades a aplicar variam com a análise de solo e a produtividade esperada (MASCARENHAS & TANAKA, 1996).**

| Produtividade esperada | P resina, mg $dm^{-3}$                        |      |       |      | K <sup>+</sup> trocável, mmol $dm^{-3}$ |         |         |       |
|------------------------|---|------|-------|------|---|---------|---------|-------|
|                        | 0-6   | 7-15 | 16-40 | > 40 | 0-0,7                                   | 0,8-1,5 | 1,6-3,0 | > 3,0 |
| t/ha                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg $ha^{-1}$ ) |      |       |      | K <sub>2</sub> O (kg $ha^{-1}$ )        |         |         |       |
| 1,5-1,9                | 50  | 40   | 30    | 20   | 60                                      | 40      | 20      | 0     |
| 2,0-2,4                | 60  | 50   | 40    | 20   | 70                                      | 50      | 30      | 20    |
| 2,5-2,9                | 80  | 60   | 40    | 20   | 70                                      | 50      | 50      | 20    |
| 3,0-3,4                | 90  | 70   | 50    | 30   | 80                                      | 60      | 50      | 30    |
| 3,5-4,0                | *   | 80   | 50    | 40   | 80                                      | 60      | 60      | 40    |

\* Não é possível obter essas produtividades com aplicação localizada de fósforo em solos com teores muito baixos de P.

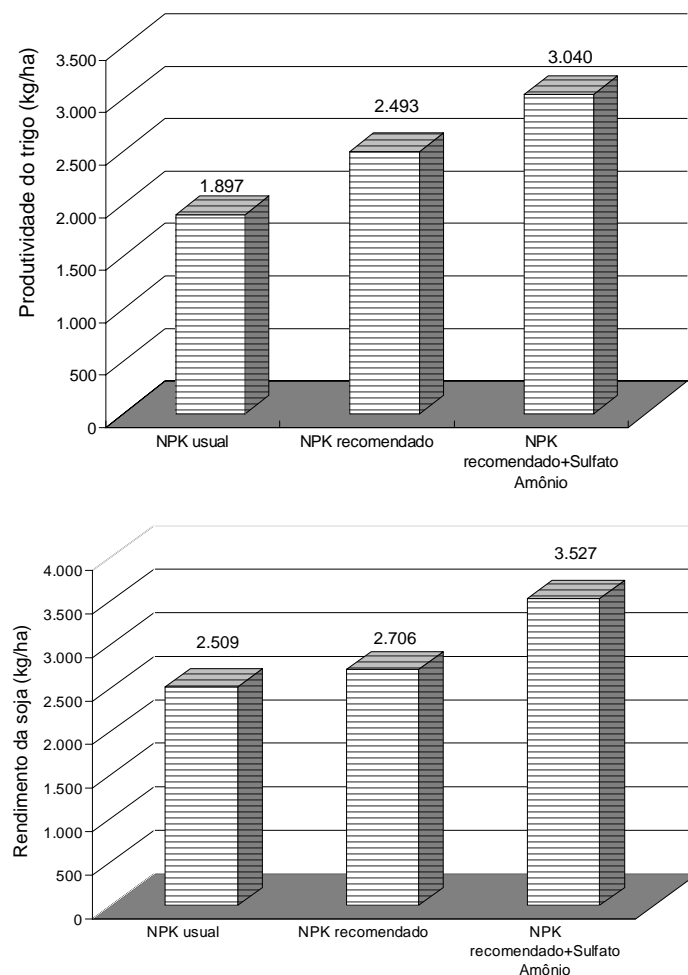
**Tabela 26. Efeito residual da adubação do trigo na cultura da soja subsequente.**

| Adubação do trigo |             |              |       | Safr                            |         |          | Média |     |
|-------------------|-------------|--------------|-------|---------------------------------|---------|----------|-------|-----|
| Plantio           | Cobertura N |              |       | 91/92                           | 92/93   | 93/94    |       |     |
| Fórmula           | kg/ha       | Produto      | kg/ha | ----- grãos de soja kg/ha ----- |         |          | kg/ha | %   |
| 05-20-20*         | 120         | -            | 0     | 2.485 e                         | 2.559 c | 2.509 c  | 2.509 | 93  |
| 05-20-20**        | 300         | -            | 0     | 2.676 de                        | 2.727 c | 2.715 bc | 2.706 | 100 |
| 05-20-20          | 300         | uréia        | 50    | 3.397 bc                        | 2.757 c | 3.277 b  | 3.144 | 116 |
| 05-20-20          | 300         | uréia        | 100   | 3.212 cd                        | 2.828 c | 3.520 ab | 3.187 | 118 |
| 05-20-20          | 300         | sulf. amônio | 50    | 3.318 bc                        | 3.358 b | 3.904 ab | 3.527 | 130 |
| 05-20-20          | 300         | sulf. amônio | 100   | 4.019 a                         | 3.906 a | 4.360 a  | 4.095 | 151 |
| CV (%)            |             |              | 11,16 | 9,38                            | 9,89    |          |       |     |

\* NPK usual.

\*\* NPK recomendado: adubação de plantio da soja = 220 kg/ha de 00-20-20.

Fonte: OLIVEIRA & BALBINO (1992, 1993 e 1995), Convênio SN-Centro/Coodetec.



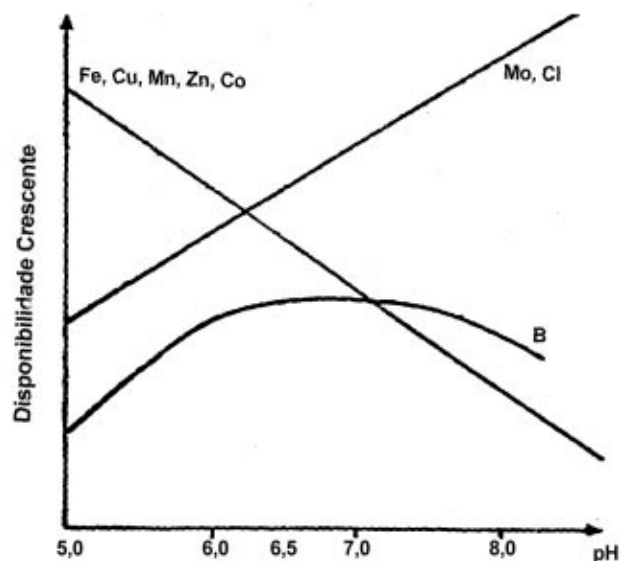
**Figura 2. Efeito dos tratamentos no rendimento de grãos de trigo e da cultura de soja subsequente (OLIVEIRA & BALBINO, 1992/93 e 95).**

Os fatores associados à deficiência e disponibilidade dos micronutrientes podem ser (VITTI, 1999):

- Material de origem do solo;
- Reação do solo (pH);
- Textura do solo;

- Aeração do solo
  - Ferro
  - Manganês
- Práticas culturais
  - Calagem
  - Adubação fosfatada
  - Plantio direto
  - Implementos
- Características genéticas da planta
- Desbalanceamento entre cátions metálicos (Fe, Cu, Mn e Zn).

Quanto ao **material de origem do solo** e à **textura**, fatores não controlados pelo homem, tem-se que solos originários de arenito e solos de textura grosseira apresentam maiores probabilidades de resposta a micronutrientes, em relação, por exemplo, a solos originários de basalto e solos de textura mais fina. A influência da **reação do solo** na disponibilidade de micronutrientes está apresentada na Figura 3.



**Figura 3. Relação entre pH (H<sub>2</sub>O) do solo e disponibilidade de micronutrientes.**

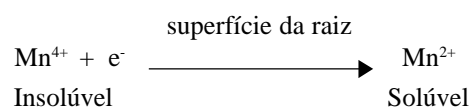
Analisando-se essa Figura observa-se que a calagem aumenta linearmente a disponibilidade do molibdênio ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) e diminui a dos cátions metálicos ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Co}^{2+}$ ), enquanto o boro ( $\text{H}_3\text{BO}_3$  ou  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ ) apresenta efeito quadrático, ou seja, baixa disponibilidade em reação ácida (falta de mineralização da matéria orgânica) e queda na disponibilidade em pH próximo da neutralidade (aumenta a lixiviação pelo aumento da CTC do solo e pelo aumento na relação Ca/B). Assim, principalmente em sistema de plantio direto, é importante atentar para as doses de calcário, conforme já discutido no item 5.1.

Além da calagem, outras práticas culturais tendem a afetar a disponibilidade dos micronutrientes, como:

- adubação fosfatada ( $\text{H}_2\text{PO}_4^- \times \text{Zn}^{2+}$  ou  $\text{Cu}^{2+}$  ou  $\text{Mn}^{2+}$ ), isto é, formação de precipitados pouco solúveis do  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  com cátions metálicos;
- plantio direto, pela formação de quelados estáveis dos micronutrientes metálicos com a matéria orgânica, seguindo a seguinte ordem decrescente de estabilidade:  $\text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$ ;
- desbalanceamento entre cátions metálicos, causando a chamada inibição competitiva, na qual a presença de um íon A diminui a absorção do íon B por competirem pelo mesmo carregador, conforme abaixo exemplificado:

| íon A            | íon B (afetado)  |
|------------------|------------------|
| $\text{Cu}^{2+}$ | $\text{Zn}^{2+}$ |
| $\text{Fe}^{2+}$ | $\text{Mn}^{2+}$ |
| $\text{Cu}^{2+}$ | $\text{Fe}^{2+}$ |
| $\text{Mn}^{2+}$ | $\text{Zn}^{2+}$ |

Outro fator importante são as características genéticas da planta, ou seja, a soja apresenta diferenças entre as cultivares quanto à sensibilidade à deficiência de manganês. Cultivares mais suscetíveis à deficiência de manganês não são capazes de reduzir esse elemento na superfície da raiz através da excreção de ácidos orgânicos (GODO & REISENAUER, 1980), conforme a reação abaixo simplificada:



### 5.6.2. Aplicação de micronutrientes

Os micronutrientes podem ser fornecidos à soja através de três vias principais:

- Aplicação via solo: correção lenta, gradual e preventiva;
- Aplicação via folha: correção rápida, menos duradoura e corretiva;
- Aplicação via semente.

#### a) Aplicação via solo

As fontes e doses de micronutrientes aplicadas via solo estão relacionadas na Tabela 27.

**Tabela 27. Fontes de micronutrientes mais indicadas para aplicação via solo.**

| Nutriente | Fonte  | Dose ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |                         |
|-----------|--|------------------------------|-------------------------|
|           |  | Elemento <sup>(1)</sup>      | Elemento <sup>(2)</sup> |
| Boro      | Bórax:<br>$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ou<br>$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (11% B) |                              |                         |
|           | Ulexita:<br>$\text{NaCaB}_5\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (8% B)  | 0,5 a 1,0                    | 1,0                     |
| Zinco     | Oxi-sulfatos   | 4,0 a 6,0                    | 5,0                     |
| Manganês  | Oxi-sulfatos   | 2,5 a 6,0                    | 5,0 <sup>(3)</sup>      |
| Cobre     | Oxi-sulfatos   | 0,5 a 2,0                    | 2,0                     |

<sup>(1)</sup> BORKERT et al. (1994).

<sup>(2)</sup> MASCARENHAS & TANAKA (1996).

<sup>(3)</sup> Quando  $\text{Mn} \leq 1,5 \text{ mg dm}^{-3}$  DTPA.

Esses micronutrientes podem ser aplicados no sulco de plantio juntamente com a formulação  $\text{P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$  das seguintes maneiras:

- Mistura de grânulos → mais econômica, porém apresenta problemas de segregação;
- Mistura granulada → mais cara, porém mais eficiente;
- Micro na base, agregado principalmente ao SPS;
- Fontes de  $\text{P}_2\text{O}_5$  contendo micro, como termofosfatos e multifosfatos.

#### b) Aplicação foliar

Mesmo com a aplicação preventiva de Mn no sulco de plantio tem-se observado, de maneira generalizada, deficiência desse nutriente, principalmente em áreas sob plantio direto, com mais de três anos de adoção dessa prática. Dos fatores anteriormente enumerados para explicar o aumento de deficiência de micronutrientes destaca-se, para esse nutriente, além das práticas de manejo do solo, a capacidade genética da planta em aumentar a disponibilidade desse elemento pela exudação de compostos orgânicos pelas raízes, como ácido málico, reduzindo o  $\text{MnO}_2$  a formas solúveis ( $\text{Mn}^{2+}$ ).

Assim, OLIVEIRA et al. (1997), em condições de casa de vegetação, observaram que, para uma mesma concentração de Mn na parte aérea, as cultivares em estudo apresentaram comportamento diferenciado quanto aos sintomas de deficiência e queda de produção de matéria seca. Os cultivares puderam ser reunidos em três grupos, de acordo com o acúmulo porcentual de Mn no caule mais pecíolos, em relação ao acúmulo total de Mn na matéria seca da parte aérea, ou seja: a)  $\% \text{Mn} < 11$  (FT-11); b)  $13 < \% \text{Mn} < 15,5$  (FT-Estrela, Garimpo, IAC-8 e Primavera); c)  $\text{Mn} > 16$  (Cristalina, Doko, FT-Cometa, FT-Eureka, Paranaíba, Savana, UFV-1, UFV-5 e UFV-10). Respostas à aplicação de Mn foliar foram amplamente apresentadas e discutidas em VITTI & LUZ (1998).

Mais recentemente, SILVA (2000), num Latossolo Vermelho Amarelo distrófico muito argiloso de Uberaba-MG, comprovadamente apresentando deficiências visuais de Mn e com teores desse elemento no solo de 1,6-0,2 e 0,2  $\text{mg dm}^{-3}$  (DTPA) respectivamente nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, comparou o fornecimento desse nutriente via foliar (sulfato de Mn nas doses de 200 e 350  $\text{g ha}^{-1}$  e quelatizados nas formas de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na dose de 200  $\text{g ha}^{-1}$ ) nos estádios V4 e R1, e via solo (*sulfato e*

oxi-sulfato de Mn na dose de 4.000 g ha<sup>-1</sup>) havendo tratamento testemunha. Os resultados mostraram que a produção de grãos foi afetada significativamente pela aplicação desse nutriente via foliar, revelando aumento médio de 550 kg/ha em relação à testemunha, enquanto os tratamentos via solo não diferiram significativamente da testemunha, tendo, entretanto, um aumento médio de 265 kg/ha. O teor de óleo dos grãos, bem como a qualidade das sementes, foi influenciado positivamente pelo fornecimento de Mn.

Em áreas com sintomas visuais de deficiência de Mn em soja com três e quatro anos sob plantio direto, na região do Triângulo Mineiro, VITTI & LUZ (2000), na safra agrícola 1999/00, procederam a aplicação de produto quelatizado (Mn-EDTA à base de sulfato, 10% Mn p/p, d = 1,30 g cm<sup>-3</sup>) na dosagem de 2,0 l do produto ha<sup>-1</sup>, correspondente a 260 g ha<sup>-1</sup> de Mn, acrescentando-se 0,8 l ha<sup>-1</sup> de óleo mineral. A aplicação foi através de pulverização aérea, com consumo de solução de 20 l ha<sup>-1</sup>. As análises de amostras foliares coletadas 19 dias após a aplicação revelaram os seguintes teores do nutriente, comparadas a parcelas sem aplicação do mesmo:

| Cultivar  | - Mn                            | + Mn |
|-----------|---------------------------------|------|
|           | ----- mg kg <sup>-1</sup> ----- |      |
| Garimpo   | 29                              | 69   |
| Conquista | 9                               | 42   |

SILVA (2000), utilizando a cultivar MG/BR-48 (GARIMPO RCH) num Latossolo Vermelho Amarelo distrófico muito argiloso de Uberaba-MG, comparou fontes e modos de aplicação de manganês, sendo o manganês via foliar aplicado nos estádios V4 e R1. Os tratamentos aplicados, bem como os teores foliares de Mn no estádio R4 e a produção de grãos, estão apresentados na Tabela 28.

Assim, quanto à aplicação de micronutrientes via foliar na cultura de soja, recomenda-se a dose de 250 (quelatizado) a 350 g ha<sup>-1</sup> (sal) de Mn, no estádio V4 repetindo-se se necessário no estádio R1. Para os demais micronutrientes entendemos também que tende a crescer a possibilidade de utilização via foliar, principalmente de Cu e Zn.

**Tabela 28. Teores foliares de Mn (R4) e dados de produção de grãos e produção relativa de soja Garimpo em função da aplicação de fontes e doses de Mn (SILVA, 2000).**

| Tratamentos  | Mn                  | Produção de grãos   | Produção relativa |
|--|---------------------|---------------------|-------------------|
|  | mg kg <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> | %                 |
| Testemunha   | 5,4 e*              | 2.247 b             | 100               |
| MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O (350 g ha <sup>-1</sup> ) foliar  | 50,8 bc             | 2.821 a             | 125               |
| MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O (200 g ha <sup>-1</sup> ) foliar  | 35,8 d              | 2.769 a             | 123               |
| Quelado Cl <sup>-</sup> (200 g ha <sup>-1</sup> ) foliar               | 55,6 ab             | 2.782 a             | 124               |
| Quelado NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (200 g ha <sup>-1</sup> ) foliar  | 63,6 a              | 2.788 a             | 124               |
| Quelado SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (200 g ha <sup>-1</sup> ) foliar | 45,4 c              | 2.827 a             | 126               |
| Mancozeb (200 g ha <sup>-1</sup> ) foliar                              | 29,8 d              | 2.659 ab            | 118               |
| MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O (4.000 g ha <sup>-1</sup> ) solo  | 11,0 e              | 2.499 ab            | 111               |
| Oxi-sulfato Mn (4.000 g ha <sup>-1</sup> ) solo                        | 8,4 e               | 2.526 ab            | 112               |
| Valor de F   | 50,56**             | 4,73**              |                   |
| C.V. (%)   | 20,01               | 6,83                |                   |

<sup>1</sup> Letras minúsculas: comparação em cada coluna, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\* Teste F significativo a 1%.

Na Tabela 29 estão apresentadas fontes de micronutrientes para utilização via foliar.

**Tabela 29. Fontes de micronutrientes para recomendação via foliar.**

| Nutriente | Fonte  | PS <sup>1</sup> |
|-----------|--|-----------------|
| Manganês  | Sulfato de Mn (MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O = 25 a 28% Mn) | 105             |
|           | Mn-EDTA (12% Mn)   | -               |
| Zinco     | Sulfato de Zn (ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 21-22% Zn)   | 75              |
|           | Na <sub>2</sub> Zn EDTA (14% Zn)                                   | -               |
| Cobre     | Sulfato de Cu (CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O = 24% Cu)      | 22              |
|           | Na <sub>2</sub> Cu EDTA (14% Cu)                                   | -               |
|           | NaCu HEDTA (9% Cu)   | -               |

<sup>1</sup> PS = g/100 ml H<sub>2</sub>O a 20°C.

### c) Aplicação via semente

Os dois micronutrientes tradicionalmente aplicados via semente na cultura da soja são o molibdênio (Mo) e o cobalto, principalmente pelas baixas doses recomendadas dos mesmos, ou seja, 12 a 25 g ha<sup>-1</sup> de Mo e 1 a 5 g ha<sup>-1</sup> de Co (SFREDO et al., 1997a).

As principais condições para ocorrência de deficiência de Mo são:

- Acidez elevada do solo
- Altos teores de óxidos de Fe e Al
- Altos teores de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Analisando os fatores acima mencionados verifica-se que os três ocorrem principalmente quando do cultivo da soja em solos sob vegetação de cerrado, seja pela tendência da redução das doses de calcário, prática da gessagem, bem como pelo tipo de argila, ou seja, argilas sesquioxídicas de elevado ponto de carga zero (PCZ).

As principais fontes de Mo são o molibdato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> com 48% Mo e PS = 40] e o molibdato de sódio (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O com 39% Mo e PS = 56). Quanto ao cobalto, tem-se o sulfato de cobalto (CoSO<sub>4</sub> com 21% Co).

SFREDO et al. (1997b) instalaram experimento em campo, em Latossolo Roxo eutrófico muito argiloso em Londrina-PR, apresentando na camada de 0-20 cm os seguintes atributos químicos: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,21, CTC = 108,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, C = 15,7g kg<sup>-1</sup> e V = 72%. Foram aplicados oito tratamentos com fontes de micronutrientes, conforme garantias dos produtos apresentadas a seguir: Cofermol pó (10,63% Mo, 1,22% Co e 0,20% Fe), Cofermol L (5,0% Mo, 1,00% Co, 0,2% Fe e 4,0% Zn), Biocrop (6,0% Mo, 0,5% Co, 3,5% Zn e 2,5% B), Nutrimins (5,0% Mo e 1,0% Co) e Plantin II (0,2% Mo, 1,0% Fe, 6,0% Zn, 3,0% B, 0,5% Mn, 0,5% Cu, 1,0% Mg, 1,5% Ca, 3,5% S e 4,5% N). Esses produtos foram aplicados via semente, com inoculação, e uma testemunha recebeu somente inoculante específico para soja (200 g 50 kg<sup>-1</sup> de semente).

A avaliação dos tratamentos foi realizada através da análise de folhas pela técnica de diagnose foliar, análise de nutrientes no grão e produção de grãos e de proteína.

Na Tabela 30 estão apresentados os tratamentos aplicados e também os teores de nutrientes nas folhas e nos grãos que apresentaram diferenças significativas.

Na Tabela 31 estão apresentadas as produções de grãos e de proteína.

**Tabela 31. Produção de grãos e de proteína (SFREDO et al., 1997b).**

| Tratamentos                            | ----- Proteína -----         |                    |                     |
|--|------------------------------|--------------------|---------------------|
|  | Grãos<br>kg ha <sup>-1</sup> | g kg <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> |
| 1. Cofermol pó 210 g.ha <sup>-1</sup>  | 3.550 ab <sup>(1)</sup>      | 385,5d             | 1.371 abc           |
| 2. Cofermol L 300 mL ha <sup>-1</sup>  | 3.419 ab                     | 406,3 bcd          | 1.389 ab            |
| 3. Cofermol L 600 mL ha <sup>-1</sup>  | 3.454 ab                     | 434,7ab            | 1.504 a             |
| 4. Cofermol L 900 mL ha <sup>-1</sup>  | 3.335 abc                    | 427,2 ab           | 1.428ab             |
| 5. Nutrimins 500 mL ha <sup>-1</sup>   | 3.597 a                      | 418,6 abc          | 1.505 a             |
| 6. Biocrop 200 g ha <sup>-1</sup>      | 3.435 ab                     | 442,7 a            | 1.521 a             |
| 7. Só inoculado (testemunha)           | 3.117 c                      | 385,2 d            | 1.205 c             |
| 8. Plantin II 1.000 g ha <sup>-1</sup> | 3.285 bc                     | 392,8 cd           | 1.291 bc            |
| C.V. (%)                               | 5,42                         | 4,66               | 8,00                |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

**Tabela 30. Análise química de nutrientes que apresentaram diferenças significativas nas folhas e nos grãos do cultivar BR-16 em função dos produtos aplicados na sementes (SFREDO et al. 1997b).**

| Tratamentos                            | Folha                   |                           |                           | Semente                 |                          |                           |
|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
|  | N<br>g kg <sup>-1</sup> | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Cu<br>mg kg <sup>-1</sup> | N<br>g kg <sup>-1</sup> | K<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mo<br>mg kg <sup>-1</sup> |
| 1. Cofermol pó 210 g ha <sup>-1</sup>  | 39,3 b <sup>(1)</sup>   | 188 b                     | 8 c                       | 61,7 d <sup>1</sup>     | 15,8 c                   | 0,19 c                    |
| 2. Cofermol L 300 mL ha <sup>-1</sup>  | 38,5 b                  | 167 b                     | 8 c                       | 65,0 bcd                | 15,8 c                   | 0,43 b                    |
| 3. Cofermol L 600 mL ha <sup>-1</sup>  | 39,6 b                  | 161 a                     | 9 bc                      | 69,6 ab                 | 15,9 c                   | 0,43 b                    |
| 4. Cofermol L 900 mL ha <sup>-1</sup>  | 39,3 b                  | 238 a                     | 10 ab                     | 68,4 ab                 | 15,9 c                   | 0,65 a                    |
| 5. Nutrimins 500 mL ha <sup>-1</sup>   | 40,5 ab                 | 158 b                     | 10 ab                     | 67,0 abc                | 15,8 c                   | 0,20 c                    |
| 6. Biocrop 200 g ha <sup>-1</sup>      | 40,2 ab                 | 160 b                     | 10 ab                     | 70,8 a                  | 16,4 bc                  | 0,14 c                    |
| 7. Só inoculado                        | 37,0 b                  | 152 b                     | 10 ab                     | 61,6 d                  | 18,0 a                   | 0,05 d                    |
| 8. Plantin II 1.000 g ha <sup>-1</sup> | 43,4 a                  | 151 b                     | 11 a                      | 62,9 cd                 | 17,4 ab                  | 0,05 d                    |
| C.V. (%)                               | 5,3                     | 17,71                     | 8,82                      | 4,66                    | 4,28                     | 19,59                     |

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Analisando os dados da Tabela 30 observa-se efeito significativo dos tratamentos nos teores foliares de N, Fe e Cu e nos teores dos grãos para N, K e Mo, sendo o efeito mais pronunciado nos teores de Mo dos grãos, tendo os tratamentos só inoculado (7) e com Plantin II (8) revelado valores significativamente inferiores aos demais tratamentos. Houve correlação negativa (r = - 0,85) entre os teores de K dos grãos e a produtividade, evidenciando o fenômeno do efeito de diluição, pois quanto maior o rendimento, menor a concentração desse nutriente nos grãos.

A aplicação de Mo via semente aumentou os teores de N e de Mo nos grãos bem como a produção de grãos em até 480 kg ha<sup>-1</sup> e de proteína em até 300 kg ha<sup>-1</sup>, indicando a participação efetiva desse micronutriente no metabolismo do N.

Num Latossolo Vermelho Amarelo franco-argilo-arenoso de Planaltina-DF, GALRÃO (1999) realizou, por três anos agrícolas, um experimento para comparar o efeito de três métodos de aplicação de cobre (solo, foliar e semente) sobre a produção de soja (Cu - Doko RC) e estabelecer níveis críticos para os teores de cobre no solo e na folha. Os resultados estão apresentados na Tabela 32.

Analisando os dados da Tabela 32 tem-se a considerar que no primeiro cultivo não houve diferença significativa entre os tratamentos, provavelmente, segundo o autor, pela ocorrência de déficit hídrico (verânico) na fase de enchimento de grãos. No 2º e no 3º cultivos, as doses de 1,2 e 2,4 kg ha<sup>-1</sup> de cobre aplicadas a **lanço** apenas por ocasião do primeiro cultivo ou no **sulco de semeadura**, parceladamente, ou seja, 0,4 e 0,8 kg ha<sup>-1</sup> de Cu por cultivo, respectivamente, propiciaram rendimentos máximos de grãos. A dose de 2,4 kg ha<sup>-1</sup> de Cu misturada às **sementes** e a dose de 0,6 kg ha<sup>-1</sup> de Cu aplicada nas **folhas** 20 dias após a emergência também tiveram rendimentos máximos de grãos no 2º e no 3º cultivos. Os níveis críticos de Cu no solo para os extratores HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, Mehlich 1, Mehlich 3 e DTPA pH 7,3 foram de 0,6, 0,5, 0,5 e 0,6 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, respectivamente. O nível de Cu nas folhas foi de 3,9 mg kg<sup>-1</sup>.

### 5.6.3. Critérios de recomendação de micronutrientes

Para recomendação eficiente de micronutrientes é necessário analisar o sistema de forma técnica e prática, ou seja, utilizando-se:

**Tabela 32. Efeitos de métodos de aplicação de cobre na cultura da soja (GALRÃO, 1999).**

| Tratamentos | Dose de Cu <sup>(1)</sup><br>kg ha <sup>-1</sup> | Modo    | Cultivo <sup>(2)</sup> |         |        |
|-------------|--|---------|------------------------|---------|--------|
|             |  |         | 1°                     | 2°      | 3°     |
| 1           | 0,0  | -       | 2,32 a                 | 2,94 c  | 2,57 b |
| 2           | 0,4  | Laço    | 2,30 a                 | 3,05 bc | 2,67 b |
| 3           | 1,2  | Laço    | 2,31 a                 | 3,44 a  | 3,22 a |
| 4           | 2,4  | Laço    | 2,36 a                 | 3,39 ab | 3,13 a |
| 5           | 4,8  | Laço    | 2,30 a                 | 3,41 ab | 3,10 a |
| 6           | 1,2 (3 x 0,4)                                    | Sulco   | 2,33 a                 | 3,43 ab | 3,19 a |
| 7           | 2,4 (3 x 0,8)                                    | Sulco   | 2,32 a                 | 3,34 ab | 3,20 a |
| 8           | 0,6 (20 DAE)                                     | Foliar  | 2,30 a                 | 3,31 ab | 3,22 a |
| 9           | 0,6 (20 + 40 DAE)                                | Foliar  | 2,40 a                 | 3,39 ab | 3,11 a |
| 10          | 2,4  | Semente | 2,25 a                 | 3,38 ab | 3,14 a |
| C.V. (%)    |  |         | 5,9                    | 8,9     | 7,7    |

<sup>(1)</sup> Fontes de Cu: Solo = CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (25% Cu).  
Folha = CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O (5 g L<sup>-1</sup>).  
Semente = CuO (798 g kg<sup>-1</sup> de Cu).

<sup>(2)</sup> Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferiram entre si pelo teste de Duncan a 5%.

- Análise de solo,
- Diagnose visual,
- Diagnose foliar,
- “Bom senso”, principalmente quanto a histórico da área, efeito residual de fontes e práticas culturais adotadas.

## 6. LITERATURA CITADA

- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. & CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van et al. (eds.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.187-203.
- BORKERT, C.M.; YORINORI, J.T.; CORREA-FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; SFREDO, G.J. Seja o doutor da sua soja. In: **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.66, Junho de 1994. 16p.
- BORKERT, C.M.; FARIAS, J.R.B.; SFREDO, G.J.; TUTIDA, F.; SPOLADOR, C.L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo distrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1235-49, 1997.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A., 1979. 647p.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5a. aproximação**. Viçosa/MG, 1999 (no prelo).
- CFS-RS/SC - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional Sul, 1944. 224p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Calagem e adubação para a cultura da soja nos cerrados**. Brasília, 1984. 9p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 38).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná. 1993/94**. Londrina: OCEPAR/EMBRAPA-CNPSO, 1993. 128p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 62).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil. 1996/97**. Londrina, 1996. 164p. (EMBRAPA-Soja. Documento 96).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1998/99**. Londrina, 1998. 182p. (Embrapa-Soja. Documento 107).
- FASSBENDER, H. **Química de suelos com ênfase em suelos de America Latina**. Costa Rica: Inst. Interamer. de Ciências Agrícolas, 1978. 389p.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de cobre e avaliação da disponibilidade para a soja num Latossolo Vermelho Amarelo franco-argilo-arenoso fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.265-272, 1999.
- GODO, G.H.; REISENAUER, H.M. Plant effects on soil manganese availability. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.993-995, 1980.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J.; GALERANI, P.R. **Adubação nitrogenada na soja**. 1997. 4p. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 57).
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, R. **Guia de fertilidade do solo - versão multimídia**. Lavras: UFLA/ANDA/POTAFOS, 1999.

- MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Soja. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. p.202-203.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A.C.; BRAGA, N.R.; PEREIRA, J.C.V.N.A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v.40, n.1, p.34-43, 1988.
- MASCARENHAS, H.A.A.; ITO, M.F.; TANAKA, M.A.S. de; TANAKA, R.T.; AMBROSANO, G.M.B.; MURAOKA, T. Efeito da adubação potássica no cancro da haste da soja. **Summa Phytopathologica**, v.23, n.3/4, p.217-221, 1997.
- MOREIRA, A. Influência do magnésio na absorção e transporte do manganês e do zinco na soja. Piracicaba, 1999. 138p. Tese (Doutorado em Ciências, Área de concentração: Energia nuclear na agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP.
- NOVO, M.C.S.S.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; VARGAS, A.A.T. Nitrogênio e potássio na fixação simbiótica de N<sub>2</sub> por soja cultivada no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.143-155, 1999.
- NRS-SBCS. **Resumo do Workshop Adubação e Calagem em Sistema Plantio Direto**. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NRS-SBCS), setembro de 1997. 3p.
- OLIVEIRA, E.F.; BALBINO, L.C. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura nas culturas de milho, trigo e algodão**. Cascavel: SN-Centro/OCEPAR. (Relatórios Técnicos, 1992, 1993 e 1995).
- OLIVEIRA, M.W. de; SEDIYAM, C.S.; NOVAIS, R.F. de; SEDIYAMA, T. Crescimento de cultivares de soja em condições de baixa disponibilidade de manganês no solo. II. Concentração e alocação do manganês. **Revista Ceres**, v.44, n.251, p.43-52, 1997.
- RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100 - 2ª edição).
- SÁ, J.C. de M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais e estratégia de fertilização para produção de grãos, no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV. Viçosa, 1998. **Anais...** UFV, 1998. p.19-61.
- SACRAMENTO, L.V.S. do; ROSOLEM, C.A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.355-65, 1998.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F.; MEYER, M.C.; MANDARINO, J.M.G.; OLIVEIRA, M.C.N. **Molibdênio e cobalto na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997a. 18p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular técnica, 16).
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; NEPOMUCENO, A.L.; OLIVEIRA, M.C.N. de. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.41-45, 1997b.
- SILVA, M.M. Fontes de manganês aplicadas na cultura da soja, cultivada em solo de cerrado. Piracicaba, 2000. 172p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- SILVA, M.M. Fontes e modos de aplicação de manganês na nutrição, produção e qualidade da soja, cultivada em solo de cerrado. Piracicaba, 2000. 174p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E.; MIRANDA, L.N. de. Correção do solo e adubação da cultura da soja. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.N. de (eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.137-158.
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (EMBRAPA-CPAC. Circular técnica 32).
- SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para as culturas anuais nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 51)
- VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.
- VITTI, G.C. Micronutrientes na cultura da soja. Workshop. São Paulo: Manah S.A. Fertilizantes, 1999. 25p. (mimeografado).
- VITTI, G.C. O enxofre no solo. In: BULL, L.T. & ROSOLEM, C.A. (ed.). **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p.129-175.
- VITTI, G.C. **Utilização Agronômica de Corretivos Agrícolas**. Piracicaba: ESALQ-GAPE, 2000. 53p. (ESALQ/LSN - Curso de Especialização em Manejo do Solo. Módulo 2 - Fertilidade do Solo e Adubação).
- VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E. **Fosfogesso: uso agrícola**. In: MALAVOLTA, E. (coord.). **SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS**. Piracicaba, 1983. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.161-201.
- VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. de. Manejo químico do solo para alta produtividade da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (ed.). **Tecnologia da produção**. Piracicaba, 1998. p.84-112.