

# ADUBAÇÃO BALANCEADA DA SOJA

Tsuiohi Yamada  
Diretor, POTAFOS  
CP 400 – CEP 13400-970  
Piracicaba-Sao Paulo  
Brasil

## 1. INTRODUÇÃO

Três países produtores de soja são importantes exportadores: EUA, Brasil e Argentina, já que a produção da China é dirigida para o consumo interno. Para se manter competitivo é preciso buscar a produtividade máxima econômica. A médio prazo, o objetivo dos agricultores brasileiros é alcançar 80 sacos/ha ou 4.800 kg/ha, já que produtividade da ordem de 80-100 sacos/ha (4.800-6.000 kg/ha) está sendo observada no Brasil Central em áreas experimentais conduzidas pela Fundação MT, de Rondonópolis-MT.

Na produção da soja estão envolvidos simultaneamente dois processos biológicos: a fotossíntese pela planta e a fixação biológica de nitrogênio pelo rizóbio. Portanto, é preciso proporcionar as condições ótimas para os ambos processos ao se buscar altas produtividades. Além do fertilizante, outros fatores são importantes, tais como material genético, água, oxigênio no solo, época e densidade de semeadura.

Observa-se no Brasil, nos últimos anos, grande envolvimento da iniciativa privada na busca da alta produtividade, sendo consultores privados, empresas de fertilizantes e produtores de sementes as principais fontes motoras neste processo. É evidente, nesta busca, a importância da tecnologia e do gerenciamento da qualidade total na agricultura. Assim, a não ser que todos os fatores produtivos sejam enfocados no conjunto, será difícil ou quase impossível atingir as metas desejadas.

## 2. ANÁLISES DE SOLO E DE FOLHAS

Duas ferramentas são indispensáveis na recomendação de adubação e no monitoramento do estado nutricional da cultura da soja: análise do solo e análise foliar.

Não há ainda uma recomendação oficial no tocante à amostragem de solo para o sistema de plantio direto. No Brasil, estudos sobre como amostragem do solo estão sendo feitos principalmente pela equipe do prof. Ibanor Anguinoni, da UFRGS, de Porto Alegre, RS. O que se faz rotineiramente é a coleta de 10 a 20 sub-amostras para compor a amostra composta, na gleba considerada homogênea. Esta varia de poucos hectares na região sul a mais de 200 hectares na região do cerrado. No plantio convencional coleta-se amostras na camada de 0-20 cm de profundidade. No plantio direto não existe norma oficial e as profundidades das amostragens dependem mais da vontade do interessado. Alguns utilizam duas profundidades: 0-15 e 15-30 cm. Outros, três: 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Com os dados da análise de solo, faz-se então a recomendação de adubação para a área amostrada. Bons agricultores já seguem esta prática. .

A seguinte recomendação é feita por Small e Ohlrogge (1973) quanto à época e a folha a ser amostrada: (1). cultivares de crescimento determinado: no início do florescimento, antes do aparecimento visível das vagens; (2). cultivares de crescimento indeterminado: no meio do período de florescimento; (3). em ambos os casos, coletar 30 a 50 trifólios recentemente maduros, em geral o terceiro ou quarto trifólio de cima para baixo, sem o pecíolo.

### 3. TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

Com os resultados da análise química dos trifólios maduros, sem o pecíolo é feita o monitoramento do estado nutricional da cultura. Níveis de suficiência sugeridos por EMBRAPA (1998) encontram-se na Tabela 1 junto com os valores observados por Martins (comunicação pessoal, 1998) em lavouras sob sua supervisão, com produtividade superior a 3.600 kg/ha (60 sacos/ha), e os observados por Flannery, em lavoura onde obteve 7.963 kg/ha ou 132 sacos. Observa-se que, excetuando-se o cobre, todos os nutrientes analisados por Martins e Flannery encontram-se na faixa considerada suficiente. A análise de planta junto com a análise de solo são ferramentas muito práticas e úteis no monitoramento do estado nutricional e na recomendação da adubação balanceada da soja.

Tabela 1. Concentrações de nutrientes suficientes ou médias usadas na interpretação dos resultados das análises de folhas de soja do terço superior no início do florescimento (EMBRAPA, 1998), as observadas nas com mais de 3.600 kg/ha, conduzidas por Martins (comunicação pessoal, 1998) e as observadas por Flannery em campo com produtividade de 7.963 kg/ha.

Elemento	Suficiente ou média	Martins: áreas com 3.600 kg/ha	Flannery: 7.963 kg/ha
----- g/kg -----			
N	45,1-55,0	46,4 ± 3,7	53,3
P	2,6-5,0	2,5 ± 0,3	3,6
K	17,1-25,0	18,7 ± 2,4	21,9
Ca	3,6-20,0	7,9 ± 1,7	10,2
Mg	2,6-10,0	3,3 ± 0,6	3,3
S	2,1-4,0	2,5 ± 0,3	2,4
----- mg/kg -----			
B	21-55	51 ± 10	46
Cu	10-30	8 ± 1,8	12
Fe	51-350	100 ± 34	144
Mn	21-100	35 ± 12	30
Mo	1-5	-	-
Zn	21-50	45 ± 10	48

Além de faixas de suficiência, torna-se cada vez mais rotineiro o uso do computador para processar os relacionamentos entre os parâmetros da análise foliar para fins de monitoramento nutricional, tais como o DRIS e o PASS.

O Simpósio sobre “Monitoramento Nutricional para Recomendação de Adubação de Culturas” foi promovido pela POTAFOS no período de 14-16/04/99, em Piracicaba, e brevemente os Anais e os softwares DRIS e PASS serão vendidos aos interessados.

### 4. ABSORÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

A falta de constância nos valores para a absorção de nutrientes para a produção de 1 tonelada de soja (Tabela 2) pode ser explicada pela grande variação observada no índice de colheita entre os diferentes autores. Este fenômeno é muito observado na prática dos sojicultores. Muitas frustrações, assim como agradáveis surpresas, são observadas por ocasião da colheita. Lavouras exuberantes as vezes não concretizam as produtividades esperadas, e vice-versa. Maior constância é observada na exportação de nutrientes por tonelada de grãos (Tabela 3). Observa-se a grande participação do N e do K na absorção e exportação dos grãos. Para exemplificação, baseando-se nos dados de Flannery (1986), para uma produtividade de 6.000 kg de soja/ha seria

preciso que a planta absorvesse 480 kg de N, 108 kg de  $P_2O_5$ , 396 kg de  $K_2O$ , 162 kg de Ca, 54 kg de Mg e 30 kg de S. Nestes níveis, as maiores limitações serão o K e o N. Raramente o solo brasileiro tem esta grande quantidade de potássio disponível às plantas no volume de terra explorado pelas raízes. O manejo do solo para alta produtividade do solo deve buscar as melhores condições químicas, físicas e biológicas para permitir o máximo de absorção de nutrientes pelas raízes e de fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelo rizóbio. A cultura de cobertura do solo durante o inverno tem-se mostrado de grande influência na melhoria da qualidade do solo e na reciclagem de nutrientes. Acredita o autor destas linhas que será muito difícil obter produtividade da ordem de 6.000 kg de grãos de soja/ha nas condições brasileiras, sem irrigação, a não ser nas áreas sobre plantio direto e com grande produção de matéria seca de cobertura. Este tapete orgânico teria duas importantes funções: controle de umidade do solo e reciclagem de nutrientes, principalmente de potássio, ambas funções de grande influência para melhoria da eficiência fotossintética e da FBN.

Tabela 2. Absorção de nutrientes para produção de 1.000 kg de soja.

Autor(es)	Bataglia & Mascarenhas (1978) <sup>1</sup>	Flannery (1986)	Osaki (1991)	Tanaka et al. (1993)
MS total (t/ha)	5,6	18,6	11,5	18,8
grãos (t/ha)	2,4	6,8	5,3	3,1
Índice de colheita (%)	42,8	36,5	46,0	16,5
----- kg de nutrientes absorvidos para produção de 1.000 kg de grãos -----				
N	75,4	81,5	70,0	161,9
P	5,4	8,1	11,7	15,5
K	31,2	54,5	36,4	110,6
Ca	21,2	27,2	16,8	50,0
Mg	10,8	9,3	7,7	23,2
S	2,9	4,6	-	12,3
----- g de nutrientes absorvidos para produção de 1.000 kg de grãos -----				
B	78,7	-	-	-
Cu	26,7	-	-	27,7
Fe	46,5	-	-	1.469,7
Mn	130,0	-	-	260,0
Mo	5,4	-	-	-
Zn	60,4	-	-	112,9
Al	401,2	-	-	-

<sup>1</sup> Excluindo folhas caídas e raízes.

Tabela 3. Exportação de nutrientes nos grãos de soja.

Nutrientes	Flannery (1989)	Yamada (1)	Bundy & Oplinger (1984)	Tanaka et al. (1993)	EMBRAPA (1998)
----- kg/t de grãos -----					
N	51,0	51,0	58,5	58,8	51,0
P	6,4	5,4	6,0	5,2	4,3
K	14,4	11,2	17,9	18,7	16,6
Ca	2,5	2,3	1,9	1,9	3,0
Mg	2,5	2,5	2,4	2,3	2,0
S	2,4	3,4	3,1	3,2	5,4
----- g/t de grãos -----					
B	24	34	26	-	20
Cu	10	15	10	15	10
Fe	-	106	-	219	70
Mn	18	21	25	28	30
Mo	-	4	-	-	5
Zn	37	47	41	30	40

<sup>1</sup> Média de 18 amostras provenientes dos Estados do Paraná e Minas Gerais, ano agrícola 1997/98.

## 5. CALAGEM

A calagem é prática fundamental na abertura dos solos ácidos, principalmente os do cerrado do Brasil Central. No entanto, após alguns anos de plantio direto, os pesquisadores têm observado que ocorre uma certa complexação do alumínio pela matéria orgânica, tornando-o menos tóxico às plantas. Na abertura de uma nova área na região do cerrado procura-se corrigir o solo para uma saturação em bases não superior a 50%. À medida que aumenta o teor de matéria orgânica no solo, a calagem no plantio direto perde a importância que tinha no plantio convencional. No entanto, é preciso continuar fornecendo Ca e Mg como nutrientes, que são exportados via colheita, e neutralizar a acidez provocada pela FBN. Para cada tonelada de soja produzida é preciso, pois, repor ao solo 2,5 kg de Ca e também de Mg. De acordo com Israel e Jackson (1982), a fixação biológica de N para produção de 1.000 kg de grãos geraria acidez correspondente à necessidade de 34 kg de  $\text{CaCO}_3$  para sua neutralização.

Dada a grande participação do superfosfato simples (SFS) na produção nacional de fósforo (40% do total produzido), este é importante fonte supridora de Ca à soja, junto com o P e o S, razão de sua preferência pelos sojicultores. Além do SFS, o superfosfato triplo (SFT), o termofosfato (TF) e os fosfatos naturais reativos (FR) são também fontes supridoras de Ca. Obviamente, temos ainda os calcários para fornecer Ca e Mg.

Como fornecedor de Mg poderíamos utilizar a magnesita ( $\text{MgO}$ ), o sulfato de magnésio e o sulfato duplo de potássio e magnésio.

## 6. ADUBAÇÃO DA SOJA

### 6.1. FBN, N e S

Adubação nitrogenada para a cultura da soja é tema muito polêmico dentro da comunidade científica.

Assim, Hungria et al. (1997), pesquisadores da EMBRAPA, afirmam que a fixação biológica consegue converter nitrogênio do ar em compostos nitrogenados em doses equivalentes a 60 a 250 kg de N/ha, que serão utilizadas pela soja. Afirmam ainda que os fertilizantes nitrogenados prejudicam a fixação biológica do N, e mesmo uma dose inicial não traz benefícios ao rendimento da cultura. De maneira geral, a EMBRAPA tolera doses de N menores que 20 kg/ha, desde que as fórmulas de adubo que contenham N sejam mais econômicas que as sem N (Henning et al., 1997).

Pessoalmente, vislumbro grande papel da adubação nitrogenada no aumento da produtividade da soja. Não apenas em aplicação direta na soja, mas principalmente na cultura de verão ou de cobertura (milheto, braquiária, sorgo, milho) que antecede a soja. O efeito direto da aplicação do sulfato de amônio na cultura da soja foi observado no ano agrícola 1998/99 em lavoura comercial na região de Uberlândia-MG, com produtividade aumentada de 2.580 kg/ha (43 sc/ha) na testemunha, para 3.180 kg/ha (53 sc/ha) com a dose de 100 kg/ha de sulfato de amônio e para 3.600 kg/ha (60 sc/ha) com a dose de 200 kg/ha de sulfato de amônio, aplicados 52 dias após o plantio, pouco antes do florescimento. O efeito residual da adubação nitrogenada aplicada em cobertura na cultura do trigo, como uréia e como sulfato de amônio, em ensaio conduzido durante três anos na região de Cascavel-PR, apresentou aumento médio de produtividade de 17,8% quando o trigo havia recebido 100 kg de N/ha na forma de uréia, e de 51,3% para a mesma dose na forma de sulfato de amônio (Tabela 4). Pode-se inferir, pois, que esta resposta não foi apenas devido ao nitrogênio, mas também ao enxofre.

Tabela 4. Efeito residual da adubação do trigo na cultura da soja subsequente.

Tratamento	N cobertura kg/ha	Safra 91/92	Safra 92/93	Safra 93/94	Média (grãos)	
		grãos de soja (kg/ha)			kg/ha	%
NPK I <sup>(1)</sup>	0	2.485 e	2.559 c	2.509 c	2.509	92,7
NPK II <sup>(2)</sup>	0	2.676 de	2.727 c	2.715 bc	2.706	100,0
NPK II + uréia	50	3.397 bc	2.757 c	3.277 b	3.144	116,2
NPK II + uréia	100	3.212 cd	2.828 c	3.520 ab	3.187	117,8
NPK II + sulfato amônio	50	3.318 bc	3.358 b	3.904 ab	3.527	130,3
NPK II + sulfato amônio	100	4.019 a	3.906 a	4.360 a	4.095	151,3
C.V.(%)		11,16	9,38	9,89	-	-

Fonte: Oliveira, E.F.& Balbino, L.C. (1992; 1993 e 1995), Convênio SN-Centro/Coodetec, dados não publicados.

<sup>(1)</sup> NPK I = 120 kg/ha de 05-20-20 no trigo.

<sup>(2)</sup> NPK II = 300 kg/ha de 05-20-20 no trigo.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $P > 0,05$ ).

A preocupação com o fornecimento de S está sempre presente ao se recomendar a adubação da soja. No passado este fornecimento era feito através do superfosfato simples. Para redução no custo do frete, da região produtora de fertilizantes localizada nos Estados de São Paulo e Minas Gerais às novas fronteiras agrícolas, tem-se dado preferência às fórmulas de alta concentração, com baixo teor ou quase isentas de S. Assim, a deficiência de S pode ser um dos fatores limitando a produtividade da soja. A prevenção desta deficiência através do uso do gesso tem sido bastante recomendada. Pessoalmente presenciei o efeito negativo do uso do gesso numa importante fazenda produtora de sementes de soja, de mais elevado nível tecnológico, na região de Rondonópolis. Na ocasião do acontecimento não consegui entender o que estaria acontecendo. A possível explicação dada pela literatura científica seria a inibição da absorção de molibdênio provocada pelo ânion sulfato, conforme MacLeod e Gupta (1994), citados por MacLeod et al. (1997), mostram na Tabela 5.

Tabela 5. Efeitos de S e de métodos de aplicação de Mo no teor foliar de Mo na soja (MacLeod &amp; Gupta, 1994, citados por MacLeod et al., 1997).

Aplicação de Mo		Mo foliar (mg/kg)	
Dose (g/ha)	Local	- S	+ 59 kg S/ha
0	-	2,25	1,67
50	semente	3,55	2,36
50	folha	11,25	8,70

## 6.2. Fósforo e potássio

Os solos do cerrado brasileiro, onde se localizam as áreas de maior potencial de expansão da soja brasileira, são muito pobres em P e K. Lopes (1984) observou em amostras representativas de área de 600.000 km<sup>2</sup>, nos Estados de Minas Gerais e Goiás, que 92% das amostras apresentavam teores menores que 2 ppm de P (Mehlich) e 85% menores que 0,15 meq K/100 g, ou 60 ppm K.

Assim, a rotina de abertura de novas áreas é fazer calagem seguida da correção de P e K e micronutrientes.

As doses corretivas de P e de K são calculadas de acordo com o teor original no solo e o teor de argila do solo. De maneira geral, variam de 100 a 240 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha e 50-100 kg de K<sub>2</sub>O/ha.

Para manutenção, após a adubação corretiva, tendo então os teores de P e de K dentro de níveis médios, a recomendação é de 20 kg de  $P_2O_5$ /ha e também de 20 kg de  $K_2O$ /ha para cada 1.000 kg de grãos/ha que se busca produzir (EMBRAPA, 1998).

### 6.3. Micronutrientes

Para a correção das deficiências em micronutrientes nos solos de cerrado a EMBRAPA (1998) recomenda a sua aplicação nas seguintes doses:

B: 0,5 a 1,0 kg/ha

Cu: 0,2 a 2,0 kg/ha

Mn: 2,5 a 6,0 kg/ha

Zn: 4,0 a 6,0 kg/ha

Recomenda, ainda, doses de 12 a 25 g de Mo/ha e 1 a 5 g de Co/ha, aplicadas por ocasião do tratamento das sementes com inoculante e fungicida.

Suspeito que, de todos os nutrientes, o boro é o que não tem sido fornecido em dose necessária para sua correção, dado ao medo que se tem de toxicidade. Na safra 1998/99 testei doses variando de 2 a 16 kg de B/ha, aplicadas na superfície do solo, em soja com aproximadamente 30 dias após a emergência. Doses acima de 4 kg B/ha causaram um momentâneo efeito negativo nas plantas, mas todas sobreviveram e produziram normalmente, como pode-se observar na Tabela 6. Este ensaio preliminar, sem repetição, visava apenas testar qual seria a dose de B aplicada no solo que mataria a soja. Continuo sem a resposta.

**Tabela 6. Efeito de doses de boro na produção e no peso de 1.000 grãos de soja.**

Tratamentos B (kg/ha)	Grãos (kg/ha)	1.000 grãos (g)
0	2.922	178
2	3.072	198
4	2.754	181
8	2.754	180
16	2.766	180

Nota: Trata-se de ensaio preliminar, sem repetição, que visava observar a sobrevivência da soja a doses não convencionais de B aplicadas ao solo.

Na adubação via solo é melhor evitar a aplicação do Cu junto com adubos fosfatados solúveis, tais como superfosfato simples, superfosfato amoniado ou DAP. Fiskell et al. (1967), citados por Gilkes (1981), observaram redução na eficiência agrônômica do Cu quando aplicado no sulco junto com aqueles fertilizantes.

No Brasil não é muito comum teores foliares de Cu maiores que 8 ppm em folhas de soja cultivada na região do cerrado. Suspeito que parte do baixo efeito do cobre está na sua localização no sulco junto com o adubo fosfatado solúvel.

## 7. CONCLUSÕES

7.1. A adubação nitrogenada da soja ainda é assunto muito controverso. No entanto, a adubação do sistema de produção com nitrogênio, visando maior produção de material orgânico para cobertura do solo e reciclagem de nutrientes, soa lógica e merece maiores estudos.

- 7.2. A adubação, tanto corretiva como de manutenção, para P, K e S pode ser recomendada através da análise de solo e metas de produtividade, e monitorada através da análise foliar.
- 7.3. A calagem no sistema de plantio direto perde a importância que tinha no plantio convencional, que gera muita acidez, principalmente pela lixiviação de cátions. Já no plantio direto, a reciclagem de nutrientes na maior produção de matéria orgânica pela cultura de cobertura reduz esta importância. No entanto, é preciso continuar suprindo Ca e Mg como nutrientes.
- 7.4. O tratamento de sementes com Co e Mo é de uso muito generalizado no Brasil. A adubação corretiva e de manutenção com B, Cu, Mn e Zn é fundamental na adubação balanceada.
- 7.5. Após a adequada correção da fertilidade do solo observa-se que é mais fácil obter-se maiores produtividades de soja nos solos de textura tendendo a arenosa que nos mais argilosos. Seria indicativo que a soja, mais que o milho ou o trigo, necessita de melhores condições de porosidade do solo? É tema que merece estudos.

## 8. LITERATURA CITADA

- Bataglia, O.C. e Mascarenhas, H. A.A. Nutrição mineral da soja. In: Fundação Cargill (ed.). A soja no Brasil Central (2.ed). Campinas, 1982. p.115-133.
- Bundy, L.G. and Oplinger, E.S. Narrow row spacings increase soybean yields and nutrient removal. Better Crops Plant Food, Norcross, v.68, p.16-17, 1984.
- EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1998/99. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 182p.
- Flannery, R.L. Plant food uptake in a maximum yield soybean study. Better Crops Plant Food. Fall 1986. Norcross: PPI/PPIC, 1986. p.6-7.
- Flannery, R.L. The use of maximum yield research technology in soybean production. In: Munson, R.D. (ed.). The physiology, biochemistry, nutrition and bioengineering of soybeans: implications for future management. PPI/PPIC, 1989. p.160-174.
- Gilkes, R.J. Behaviour of Cu additives-fertilizers. In: Loneragan, J.F.; Robson, A.D. and Graham, R.D. (ed.). Copper in soils and plants. Academic Press, 1981. P.97-117.
- Henning, A.A.; Campo, R.J.; Sfredo, G.J. Tratamento com fungicidas, aplicação de micronutrientes e inoculação de sementes de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 6p. (Comunicado Técnico, 58)
- Hungria, M.; Vargas, M.A.T.; Campo, R.J. A inoculação da soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 28p. (Circular Técnica 17)
- Israel, D.W. and Jackson, W.A. Ion balance, uptake, and transport processes in N<sub>2</sub>-fixing and nitrate- and urea-dependent soybean plants. Plant Physiology, v.69, p.171-178, 1982.
- Lopes, A.S. Solos sob “cerrado”- características, propriedades e manejo (2.ed). Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.

- MacLeod, J.A.; Gupta, U.C.; Stanfield, B. Molybdenum and sulfur relationships in plants. In: Gupta, U.C. (ed.). Molybdenum in Agriculture. Cambridge University Press, 1997. p.229-244.**
- Osaki, M.; Morikawa, K.; Shinano; Urayama, M.; Tadano, T. Productivity of High Yielding Crops. II. Comparison of N, P, K, Ca and Mg accumulation and distribution among high-yielding crops. Soil Science and Plant Nutrition, v.37, n.3, p.445-454, 1991.**
- Small, H.G. Jr and Ohlrogge, A.J. Plant analysis as na aid in fertilizing soybeans and peanuts. In: Walsh, L.M. and Beaton, J.D. (ed.). Soil Testing and Plant Analysis. Madison: SSSA, 1973. p.315-327.**
- Tanaka, R.T.; Mascarenhas, A.A.; Borkert, C.M. Nutrição mineral da soja. In: Arantes, N.E. e Souza, P.I. de M. (ed.). Cultura da soja nos Cerrados. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.105-135.**