

03745
CPAC
1996
ex. 2
FL-03745

CA

ISSN 0102-0102

Agosto, 1996

CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA



Correção do solo e adubação da
1996 FL-03745



29780-2

mbrapa

CIRCULAR TÉCNICA Nº 33

ISSN 0102-0102

Agosto, 1996

CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA

Djalma Martinhão Gomes de Sousa
Edson Lobato



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Planaltina, DF
1996

Copyright © EMBRAPA - 1996

EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS - CPAC
BR 020, km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
73301-970 Planaltina, DF
Telefone (061) 389-1171 - Fax. (061) 389-2953

Tiragem: 2000 exemplares

2ª Tiragem: 1000 exemplares

Editor: Comitê de Publicações

Eduardo Delgado Assad (Presidente), Darci Tércio Gomes,
Dijalma Barbosa da Silva, Euzébio Medrado da Silva, José
Carlos Sousa e Silva, Nilda Maria da Cunha Sette
(Secretária-Executiva), Maria Tereza Machado T. Walter,
Ronaldo Pereira de Andrade.

Coordenação editorial: Leocadia M.R. Mecenas

Normalização: Maria Tereza Machado Teles Walter

Composição e arte final: Jaime Arbués Carneiro

SOUSA, D.M.G de; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33).

1. Solo - Correção - Cerrado. 2. Adubação - Cerrado.
3. Soja - Cultivo - Cerrado. 4. *Glycine max.* 5. Solo -
Acidez I. Lobato, E. II. EMBRAPA. Centro de Pesquisa
Agropecuária dos Cerrados, (Planaltina, DF). III. Título.
IV. Série.

CDD 631.42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	ACIDEZ DO SOLO	5
	2.1 <i>Correção da acidez superficial</i>	6
	2.2 <i>Correção da acidez subsuperficial</i>	14
3	FÓSFORO	16
	3.1 <i>Adubação corretiva</i>	19
	3.2 <i>Adubação de manutenção</i>	20
	3.3 <i>Avaliação econômica</i>	21
4	POTÁSSIO	21
5	MICRONUTRIENTES	24
6	NITROGÊNIO	27
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA

Djalma M.G. Sousa¹
Edson Lobato¹

1 INTRODUÇÃO

A soja representou para o Brasil uma receita de US\$ 3,7 bilhões com exportações, atingindo uma produção total, em 1994, de 25 milhões de toneladas. A região dos Cerrados contribuiu com aproximadamente 48% desta produção, destacando-se produtividades médias já em torno de 3 t/ha em áreas de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

Para que esta cultura continue tendo sucesso na região é fundamental que o conhecimento disponível seja usado, no manejo da cultura e do solo, para uma exploração racional dos recursos solo-água-plantas e insumos.

Nas áreas do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) e de outras unidades de pesquisa na região, foram desenvolvidas pesquisas com o objetivo de recomendar aplicação adequada de corretivos para o solo e de fertilizantes para a cultura da soja, sumarizadas nesta publicação.

2 ACIDEZ DO SOLO

A introdução de culturas comerciais, como a soja, no sistema de produção da região dos Cerrados requer algumas melhorias nas características químicas destes solos. Um dos primeiros problemas a serem resolvidos é o da acidez.

¹ Pesquisador MSc. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC). Caixa Postal 08223. CEP 73301-970 - Planaltina, DF.

Além do excesso de acidez, estes solos são pobres em cálcio e magnésio, limitação esta a ser corrigida conjuntamente com a eliminação do alumínio. O excesso de alumínio e a deficiência de cálcio podem ocorrer também em profundidade, prejudicando o crescimento das raízes e, em consequência, a produção das culturas quando acontecem veranicos.

A correção da acidez superficial é feita com o calcário, e a subsuperficial com o gesso. Um dos instrumentos que auxiliam na escolha da dose adequada de calcário ou gesso é a análise de solo.

2.1 Correção da acidez superficial

A prática utilizada para correção da acidez na camada arável do solo é a calagem. O índice de pH em água a ser atingido, para uma produção de grãos de soja em torno de 3 t/ha, é de 5,5 a 6,0, pois neste intervalo as plantas têm condições boas de assimilação de nutrientes tais como: fósforo, potássio, enxofre e nitrogênio.

Uma calagem bem feita irá neutralizar o alumínio do solo e fornecer cálcio e magnésio como nutrientes. Além disso, pode aumentar a disponibilidade do fósforo no solo

A calagem possibilita, então, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, facilitando ainda mais a absorção e utilização dos nutrientes e da água pelas culturas.

Deve-se salientar que, com o aumento do pH, pode ocorrer redução na disponibilidade de micronutrientes como zinco, manganês, cobre e ferro. Entretanto, com a adição das doses de micronutrientes recomendadas pela pesquisa, não tem havido problemas de disponibilidade, na faixa de pH entre 5,7 e 6,3 ou de saturação de bases entre 40% e 60%.

A quantidade de calcário a ser utilizada em uma determinada área depende do tipo de solo e do sistema de produção a ser desenvolvido. Na região dos Cerrados, o método que foi mais utilizado para determinar a necessidade de calcário (N.C.) é o que se baseia nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis e o cálculo da N.C. varia em função do teor de argila dos solos.

Para solos com teor de argila acima de 20% e teor de Ca + Mg menor que 2,0 me/100 cm³, é utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{N.C. (t/ha)} = (\text{Al} \times 2) + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})] \times f$$

onde f significa um fator de correção para a qualidade do calcário.

Para solos com teor de argila maior que 20% e teor de Ca + Mg maior que 2,0 me/100 cm³ a fórmula utilizada é:

$$\text{N.C. (t/ha)} = (2 \times \text{Al}) \times f$$

A ficha de análise dos calcários inclui um índice chamado PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) que indica a qualidade efetiva do calcário. Este índice é, normalmente, menor que 100%, devendo-se, portanto, corrigir essa diferença através do fator **f** que é determinado pela fórmula:

$$f = \frac{100}{\text{PRNT}}$$

Assim, toda vez que o valor do PRNT do calcário considerado for menor que 100%, o valor de **f** será maior que 1,0.

Por exemplo, quando o PRNT for 80%, o valor de f será $100/80 = 1,25$; quando for de 70%, o valor de f será $100/70 = 1,43$.

Quando se tratar de solos arenosos (teor de argila menor que 20%), a quantidade de calcário a ser utilizada (N.C.) é dada pelo maior valor encontrado de uma destas duas fórmulas:

$$\text{N.C. (t/ha)} = (2 \times \text{Al}) \times f$$

$$\text{N.C. (t/ha)} = [(2 - (\text{Ca} + \text{Mg})) \times f]$$

Deve-se ressaltar que os solos arenosos têm, em geral, uso agrícola limitado, devido ao fato de apresentarem baixa capacidade de troca de cátions, baixa capacidade de retenção de água e maior suscetibilidade à erosão.

O método de estimar a N.C. baseado no Al, Ca e Mg trocáveis, eleva a saturação de bases dos solos para valores médios de 49%. Mas, em algumas situações, este critério tende a recomendar mais calcário que o necessário para solos arenosos com baixa capacidade de troca catiônica (T) a pH 7,0 (menor que $4 \text{ me}/100 \text{ cm}^3$) e menos que o necessário para solos com T alta (maior que $12 \text{ me}/100 \text{ cm}^3$) (Sousa et al. 1989). Entretanto, esta limitação é minimizada porque a maioria dos solos dos Cerrados apresentam T entre 4 e $12 \text{ me}/100 \text{ cm}^3$.

Um outro método de recomendar calcário, que vem sendo muito usado na região, é o que utiliza a saturação de bases do solo. A necessidade de calcário é calculada pela fórmula:

$$\text{N.C. (t/ha)} = \frac{[(V_2 - V_1) T]}{100} \times f$$

onde

V_2 = Saturação de bases que se deseja

$V_1 = S/T \times 100$ = Saturação de bases atual

$T = (H + Al + S)$ me/100 cm³

$S = (Ca + Mg + K)$ me/100 cm³

f = Fator de correção já descrito anteriormente

Como para o sistema que inclui a maioria das culturas de sequeiro semeadas no cerrado, a saturação de bases de 50% satisfaz, a fórmula poderia ser transformada para:

$$\text{NC (t/ha)} = (T/2 - S) \times f \quad \text{onde S e T têm o significado descrito acima.}$$

Dados obtidos experimentalmente e em propriedades rurais da região dos Cerrados indicam que a produção de grãos de soja aumenta com a saturação de bases até 40%, estabilizando-se entre os valores de 40% e 60% e apresentando um decréscimo de produção de grãos quando a saturação de bases é maior que 60% (Figura 1). Portanto, é importante para a cultura da soja que a saturação de bases esteja em torno de 50%, pois nestas condições obtém-se as maiores produtividades. Para valores de saturação de bases maiores que 60% o pH em água do solo será maior que 6,3 e, nesta situação, poderá ser induzida a deficiência de zinco, cobre e manganês, essa última muito freqüente na região dos Cerrados.

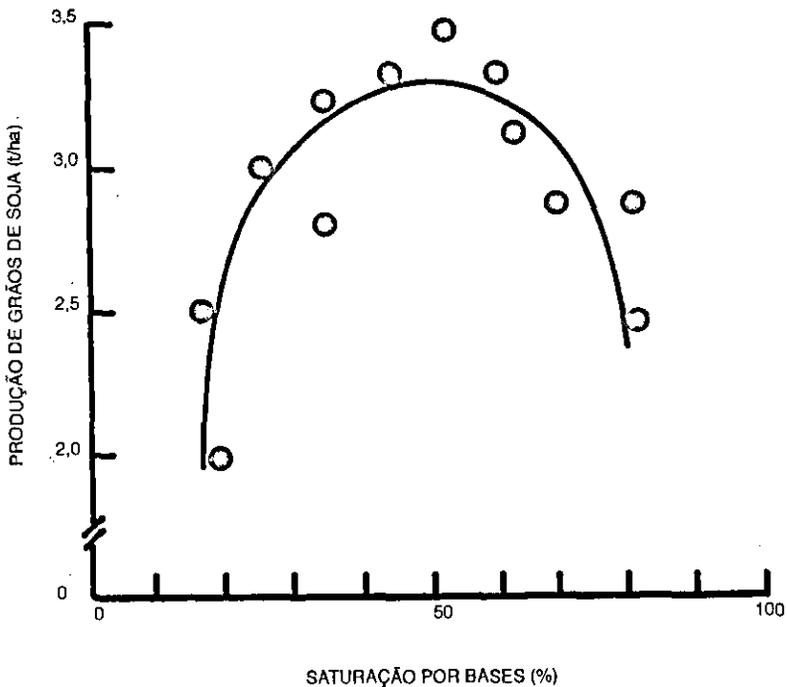


FIG. 1. Relação entre produtividade de grãos de soja e saturação por bases de solos da camada arável na região dos Cerrados.

Devido a deficiência de magnésio nos solos dos Cerrados, recomenda-se o uso de calcário dolomítico ou magnesiano, ou seja, aqueles que apresentem um teor mínimo de 5,1% de MgO. Mas, na ausência desses, pode-se utilizar calcário calcítico, desde que se adicione magnésio ao solo. O próprio calcário dolomítico na dose de 300 a 500 quilos por hectare, aplicado no sulco de semeadura, pode ser usado para suprir a necessidade de magnésio da cultura da soja. Esta cultura utiliza cerca de 30 kg de Mg para produzir três toneladas de grãos, exportando em torno de 3 kg de magnésio por tonelada de grãos.

De um modo geral, a relação entre os teores de Ca e Mg no solo, em me/100 cm³, deve se situar no intervalo de 1:1 até um máximo de 10:1, observado um teor mínimo de 0,5 me/100 cm³ de Mg.

É importante lembrar que na escolha do calcário a ser utilizado, deve-se considerar o preço do calcário corrigido para 100% de PRNT, posto na propriedade, ou seja, incluindo o valor do transporte (CT). Assim, quando se comprar calcário, o seu preço efetivo deve ser calculado usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Preço efetivo (posto na fazenda)} = \frac{\text{Valor do calcário na fazenda} \times 100}{\text{PRNT}}$$

Do ponto de vista econômico, a calagem deve ser considerada como investimento. Assim, no cálculo de sua economicidade, devem ser considerados períodos de amortização ao redor de cinco a seis anos (Sousa & Scolari, 1986). Em face de sua participação percentual no custo de "construção" do solo (transformação dos solos dos Cerrados em solos produtivos), ao redor de 5 a 8%, essa operação deve ser efetuada corretamente, seguindo-se todas as recomendações. Deve-se ter em mente que o uso de doses abaixo ou acima das recomendadas tem um efeito direto na queda da produtividade, podendo causar prejuízos consideráveis.

Para que o calcário produza os efeitos desejáveis, é necessário haver umidade suficiente no solo para sua reação. Contudo, na região dos Cerrados existe uma estação seca, que se prolonga de maio a setembro, quando o solo, de modo geral, contém pouca umidade. Assim, a época mais adequada para a calagem seria o final do período chuvoso, anterior à semeadura, ou caso isto não seja possível, o início da estação chuvosa, pouco antes da semeadura.

O método mais comum de aplicação é aquele em que se distribui o produto uniformemente na superfície do solo, seguido da incorporação. Quando há necessidade de utilizar doses elevadas (maiores que 5 t/ha) existem vantagens no parcelamento da aplicação. Sugere-se aplicar a metade da dose imediatamente após o desmatamento e incorporar com grade pesada, efetuando-se a catação de raízes e limpeza da madeira remanescente na área quando necessária. Então, pode-se aplicar a segunda metade da dose e incorporar com arado de discos, o mais profundo possível. Se for necessário utilizar calcário em áreas já cultivadas, a incorporação deve ser feita com arado de discos, implemento que propicia incorporação mais homogênea do calcário no solo.

O calcário pode ser também aplicado, de forma parcelada, em sulcos, juntamente com a sementeira, utilizando-se semeadeiras com uma terceira caixa. Entretanto, essa operação somente é válida quando se tratar de suprir cálcio e magnésio como nutrientes para as plantas. Neste caso, doses de até 0,5 t/ha solucionariam o problema. Contudo, quando o solo apresentar acidez elevada, os acréscimos em produtividade podem ser altamente limitados utilizando-se essa técnica de calagem em sulcos.

Na Figura 2 são apresentados os resultados obtidos com soja para o parcelamento da dose de 4 t/ha de calcário, em oito aplicações num período de quatro anos, na sequência soja-trigo. A produtividade máxima da soja só foi obtida no quarto ano de cultivo (oitavo cultivo da área), após a soma das aplicações parceladas atingirem 4 t/ha, que é a dose recomendada para este solo. Num sistema de sequeiro, com apenas um cultivo por ano, esta dose seria aplicada em oito anos.

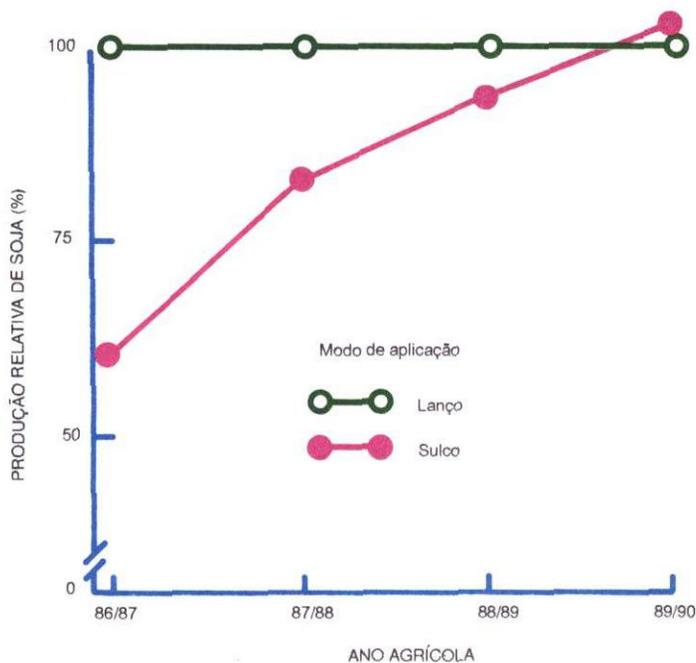


FIG. 2. Produtividade relativa de quatro cultivos de soja em rotação com trigo (irrigado) com aplicação de 4 t/ha de calcário à lanço no primeiro ano e parcelada em oito aplicações de 0,5 t/ha no sulco, a cada plantio, em solo Gley Pouco Húmico (Miranda, 1994).

O calcário apresenta um efeito residual que persiste por vários anos. Após a primeira calagem, recomenda-se uma nova análise de solo depois de três anos de cultivo e, se for necessário (saturação de base menor que 35%), aplicar mais calcário. Todavia, esta quantidade será bem menor que a da primeira calagem.

2.2 Correção da acidez subsuperficial

Os solos dos Cerrados podem apresentar problemas de acidez subsuperficial e a incorporação profunda de calcário para controlar estas condições nem sempre é viável, a nível de lavoura. Assim, camadas mais profundas do solo, abaixo de 35 a 40 cm, podem continuar com excesso de alumínio tóxico associadas ou não a deficiência de cálcio, mesmo quando se tenha efetuado uma calagem considerada adequada. Conseqüentemente, as raízes das plantas iriam desenvolver apenas na camada superficial. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água desses solos, pode causar diminuição na produção das plantas, principalmente nas regiões onde é mais freqüente a ocorrência de veranicos.

Com o uso de gesso é possível diminuir a saturação de alumínio nessas camadas mais profundas, uma vez que o sulfato existente nesse material pode arrastar o cálcio para camadas abaixo de 40 cm. Desse modo, criam-se condições para o sistema radicular das plantas aprofundarem-se no solo e, conseqüentemente, aumentar a absorção de água e nutrientes, obtendo-se melhores índices de produtividade. Estes efeitos já podem ser observados a partir do primeiro ou segundo ano. Entretanto, deve ficar claro que o gesso não neutraliza a acidez do solo.

O gesso pode ser usado com dois objetivos: primeiro, como fonte de enxofre e cálcio, como nutrientes - neste caso, recomenda-se a aplicação anual de 100 a 200 quilos de gesso agrícola por hectare; segundo, para minimizar os problemas adversos da acidez de subsuperfície. Para tal, deve-se proceder a análise de solo nas camadas de 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm (ou apenas de 30 a 50 cm) de profundidade.

Se a saturação de alumínio for maior que 20% ou o teor de cálcio menor que 0,5 me/100 cm³, ou as duas situações ocorrerem ao mesmo tempo, há boas possibilidades de resposta à aplicação de gesso agrícola.

Sousa et al. 1992, recomendaram as seguintes dosagens de gesso agrícola por hectare, de acordo com a textura do solo:

Textura arenosa	0,7 t/ha
Textura média	1,2 t/ha
Textura argilosa	2,2 t/ha
Textura muito argilosa	3,2 t/ha

Pode-se, também, utilizar a fórmula:

$$\text{N.G. (kg/ha)} = 50 \times \text{Teor de argila (\%)}$$

onde N.G. é a necessidade de gesso (15% S), e o teor de argila expresso em percentagem deve ser preferencialmente da camada subsuperficial do solo, ou seja, das profundidades 20 a 40 ou 40 a 60 cm.

Do ponto de vista econômico, a aplicação de gesso é mais onerada pelos custos do transporte do material. É conveniente que o produtor faça um teste prévio com o gesso em sua propriedade, o que o auxiliará na tomada da decisão.

Outro aspecto a ser considerado é que, com o uso do gesso como melhorador de subsuperfície, resolve-se também o problema do enxofre como nutriente, possibilitando a utilização de fórmulas concentradas na adubação de semeadura da soja. Com a economia propiciada pelo transporte de menores quantidades da fórmula concentrada parte do custo do gesso seria amortizada, pois com as doses recomendadas observa-

se efeito residual de, no mínimo, cinco anos. Este efeito no aprofundamento do sistema radicular pode ser esperado, caso não ocorra outro impedimento, como por exemplo, a compactação do solo.

3 FÓSFORO

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para a produção de grãos, sendo que nos solos da região dos Cerrados a disponibilidade deste elemento, em condições naturais, é muito baixa. Portanto, é imprescindível a prática da adubação fosfatada para obtenção de produções satisfatórias da cultura da soja.

Contudo, para uma maior eficiência da adubação fosfatada em culturas anuais, é indispensável que se faça antes a correção da acidez do solo, elevando-se o pH em água para valores entre 5,5 e 6,0. Esta maior eficiência pode ser observada na Figura 3, em que, para a dose de 200 kg de P_2O_5 /ha na área sem calagem, a produtividade foi de 1,3 toneladas de grãos de soja/ha, enquanto que com esta mesma dose de fósforo, na área onde foi feita a calagem (3,3 t/ha de calcário), a produtividade da soja foi de 2,7 t/ha.

A recuperação dos solos, a um nível adequado de suprimento de fósforo para a cultura da soja, pode ser feita por meio de diferentes alternativas de adubação fosfatada, de acordo com o planejamento do sistema de produção adotado na propriedade.

A análise de solo é um dos recursos mais utilizados para a recomendação de adubação. Esta recomendação é baseada na disponibilidade de fósforo no solo. Na região dos Cerrados, o método mais usado para extrair P do solo é o Mehlich 1 (ácido duplo).

Na Tabela 1 são apresentados os teores de P extraível, obtidos pelo método Mehlich 1 e a correspondente interpretação, que varia em função dos teores de argila. Os níveis de suficiência de P correspondem a 3, 8, 14 e 18 ppm para os solos com teores de argila de 61% a 80%, 41% a 60%, 21% a 40% e menos de 20%, respectivamente. Em solos com menos de 20% de argila são maiores as restrições para uma agricultura intensiva.

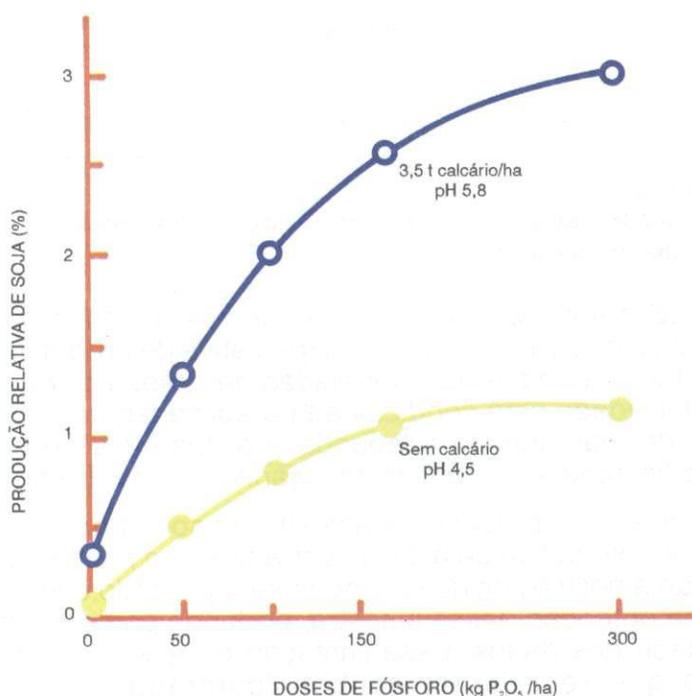


FIG. 3. Produtividade de grãos de soja em área com três doses de calcário e três doses de fósforo aplicadas na forma de superfosfato simples, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso (EMBRAPA, 1976).

TABELA 1: Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação fosfatada (fósforo extraído pelo método Mehlich 1).

Teor de argila	Teor de P (ppm)			
	(%)	Muito baixo	Baixo	Médio
61 a 80	0 a 1,0	1,1 a 2,0	2,1 a 3,0	> 3,0
41 a 60	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 8,0	> 8,0
21 a 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: Sousa et al. 1987.

* Ao atingir níveis de P extraível acima dos valores estabelecidos nesta classe, utilizar somente adubação de manutenção.

Quando o solo apresenta teores de fósforo em torno do nível de suficiência (nível crítico), a expectativa de produtividade para a cultura da soja é de 3 toneladas de grãos por hectare. Essa produtividade está condicionada à aplicação de calcário, adubação de manutenção adequada e à ausência de outros problemas limitantes (climáticos, fitossanitários, dentre outros).

É importante lembrar que a amostra de solo, para análise, deve ser representativa da área amostrada e, em muitos casos, o método de amostragem de solo pode ser apontado como fator limitante na obtenção dessa amostra, podendo comprometer a confiabilidade dos dados. Essa limitação pode ser acentuada em áreas que receberam adubos fosfatados no sulco, principalmente nos três primeiros cultivos. Neste caso, ainda ocorrem pontos com maior concentração de fósforo, que se amostrados, podem apresentar teor de fósforo maior que o real, na área (Sousa & Lobato, 1988). O histórico da gleba poderá ter um valor muito grande para se interpretar corretamente o resultado da análise do solo.

3.1 Adubação corretiva

Duas proposições são apresentadas para a recomendação de adubação fosfatada corretiva: a correção do solo de uma só vez, com manutenção do nível de fertilidade atingido e a correção gradativa, através de aplicações anuais no sulco de plantio.

No caso da adubação corretiva total (Tabela 2) recomenda-se aplicar o fosfato a lanço incorporando-o à camada arável, para proporcionar um maior volume de solo corrigido, a fim de que as raízes das plantas desenvolvam-se e absorvam água e nutrientes. Doses inferiores a 100 kg de P_2O_5 /ha, no entanto, devem ser aplicadas no sulco de semeadura, à semelhança da adubação corretiva gradual.

TABELA 2. Recomendação de adubação fosfatada corretiva, a lanço, de acordo com a classe de disponibilidade de P e o teor de argila.

Teor de argila (%)	Adubação fosfatada corretiva total (kg de P_2O_5 /ha*)		
	P muito baixo**	P baixo**	P médio**
61 a 80	240	120	60
41 a 60	180	90	45
21 a 40	120	60	30
< 20	100	50	25

Fonte: Sousa et al. 1987.

* Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água, para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100), para termofosfatos e escórias.

** Classe de disponibilidade de P, ver Tabela 1.

A adubação corretiva gradual (Tabela 3) pode ser utilizada quando não se tem a possibilidade de fazer a correção do solo de uma só vez. Essa prática consiste em aplicar, no sulco

de semeadura, uma quantidade de P superior à indicada para a adubação de manutenção, acumulando-se o excedente com o passar do tempo, até atingir, após alguns anos, a disponibilidade de P desejada. Ao se utilizar as doses de adubo fosfatado sugeridas na Tabela 3, espera-se que, num período máximo de seis anos, o solo apresente teores de P em torno do nível de suficiência.

TABELA 3. Recomendação de adubação fosfatada corretiva gradual, no sulco de plantio, num período máximo de seis anos, de acordo com a classe de disponibilidade de P e o teor de argila.

Teor de argila (%)	Adubação fosfatada corretiva gradual (kg de P ₂ O ₅ /ha*)	
	P muito baixo**	P baixo**
61 a 80	100	90
41 a 60	90	80
21 a 40	80	70
< 20	70	60

Fonte: Sousa et al. 1987.

* Fósforo solúvel em citrato de amônio neutro mais água, para os fosfatos acidulados; solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100), para termofosfatos e escórias.

** Classe de disponibilidade de P, ver Tabela 1.

3.2 Adubação de manutenção

A adubação de manutenção é indicada quando o nível de P do solo está classificado como bom (Tabela 1), e para a cultura da soja é de 60 kg de P₂O₅/ha, com uma expectativa de produtividade de 3 t/ha. Para produtividades maiores, a manutenção deve ser proporcionalmente aumentada.

Caso se pretenda produzir 4 toneladas de grãos de soja por hectare, por exemplo, a adubação de manutenção deverá ser de 80 kg de P_2O_5 /ha. A adubação de manutenção é independente da adubação corretiva e deverá ser sempre efetuada, para se manter o nível desejável do nutriente no solo.

3.3 Avaliação econômica

A escolha de uma alternativa de adubação depende do planejamento de utilização da propriedade agrícola. Assim, a opção pela alternativa de adubação corretiva só deve ser considerada se a área vier a ser cultivada por um prazo mínimo de cinco anos, com culturas anuais que tenham potencial de resposta ao fósforo como: milho, soja, feijão e trigo. Essa alternativa deve ser considerada como investimento, pois a adubação fosfatada apresenta um efeito residual mínimo de cinco anos.

4 POTÁSSIO

Os solos da região dos Cerrados, de maneira geral, são muito pobres em nutrientes e a reserva de potássio nesses solos não é suficiente para suprir a quantidade extraída pela cultura da soja por longos períodos de tempo. Portanto, o seu suprimento às plantas deve ser feito através da adubação potássica.

A resposta da cultura da soja à adubação potássica é muito grande. Pelos dados da Figura 4, observa-se que o simples incremento de 24 ppm para 45 ppm no teor de potássio do solo propiciou um aumento de 0,8 toneladas de grãos por hectare. Este aumento na produtividade foi obtido com a adição de 100 quilos de K_2O por hectare ou 170 quilos de cloreto de potássio por hectare. Esta adubação foi suficiente para elevar o teor de

de potássio no solo próximo ao nível de suficiência (50 ppm) e para suprir a cultura. Os dados mostram que para cada quilo de K_2O aplicado ao solo a soja produziu 8,4 quilos de grãos a mais do que o solo sem adubação potássica. Após o pagamento do adubo, houve um lucro de 11 sacos de soja por hectare. Acrescenta-se a este lucro, o aumento da disponibilidade deste nutriente no solo.

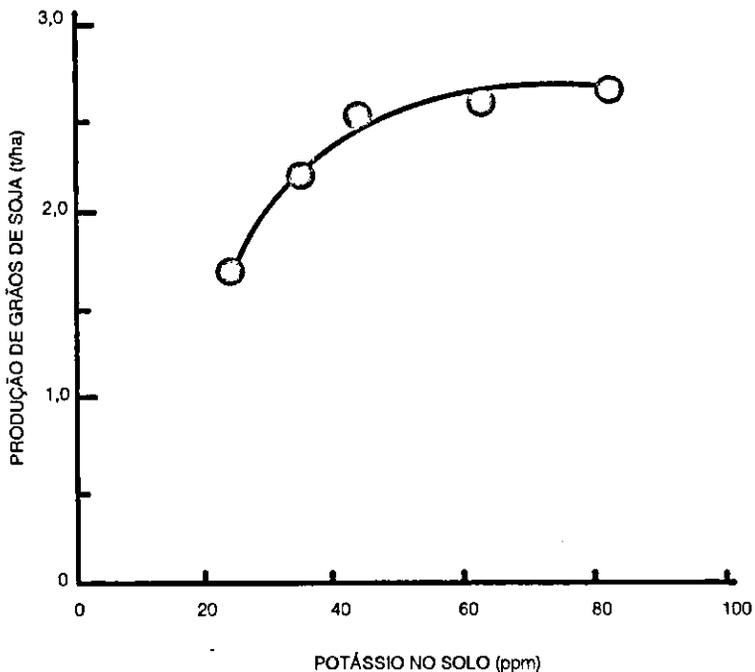


FIG. 4. Produtividade de grãos de soja, em função do teor de potássio extraível (Mehlich 1) em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

A recomendação para adubação corretiva com potássio, de acordo com a análise de solo, é apresentada na Tabela 4. A adubação corretiva total deve ser feita a lanço, em solos com teor de argila maior que 20%. Em solos mais arenosos

(menos que 20% de argila), pode-se fazer adubação corretiva total de potássio, tomando-se metade da dose recomendada para solos com teor de argila acima de 20%, para cada classe de disponibilidade de potássio na análise. É importante lembrar que nestes solos podem ocorrer acentuadas perdas por lixiviação, pois a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T) destes solos é, em geral, inferior a 4 me/100 cm³ de solo.

TABELA 4. Interpretação da análise do solo e recomendação de adubação corretiva total de potássio (K) a lanço e adubação corretiva gradual de potássio no sulco de plantio, de acordo com a disponibilidade de potássio em solos dos Cerrados.

Teor de K (ppm)	Interpretação	Corretiva total	Corretiva gradual
		kg de K ₂ O/ha	
	Teor de argila menor do que 20%		
< 15	Baixo	50	70**
16 a 30	Médio	25	60
> 30*	Bom	0	0
	Teor de argila acima de 20%		
> 25	Baixo	100	70
26 a 50	Médio	50	60
> 50*	Bom	0	0

* Após atingir o nível do K extraível acima desse valor, recomenda-se uma adubação de manutenção de 20 quilos de K₂O para cada tonelada de grãos de soja que se espera produzir.

** Recomenda-se parcelar a aplicação ou aplicar totalmente à lanço.

Outra alternativa de correção do solo para o potássio apresentada na Tabela 4 é a corretiva gradual, que consta de aplicações anuais, superiores à adubação de manutenção, realizadas no sulco de plantio. Espera-se que, após um período máximo de cinco anos, o solo esteja com o nível de potássio próximo ao suficiente, ou seja, 50 ppm para solos com T acima de 4 me/100 cm³ (teor de argila acima de 20%).

A aplicação dos adubos potássicos (cloreto de potássio), nos solos dos Cerrados, deve ser feita, preferencialmente, a lanço, pois estes solos possuem baixa T. A alta concentração provocada por grandes quantidades do adubo (em torno de 100 quilos de K_2O por hectare), distribuídos em pequenos volumes de solo, favorece as perdas por lixiviação.

Para solos com teor de argila menor do que 20%, a alternativa mais recomendada seria a adubação corretiva gradual a lanço ou parcelada. O parcelamento da adubação potássica em soja deverá ser realizado da seguinte forma: 50% da dose no sulco de plantio e os 50% restantes em cobertura, mais ou menos aos 30 dias após a emergência.

Quando o teor de K no solo for considerado bom, recomenda-se a adubação de manutenção, que é baseada na expectativa de produção da cultura da soja. Assim, se a expectativa de produtividade for de 3 t/ha de grãos, deve-se aplicar 60 kg/ha de K_2O , pois a soja exporta cerca de 20 quilos de K_2O por tonelada de grãos.

5 MICRONUTRIENTES

Dentre os micronutrientes, o zinco é o que tem se mostrado mais deficiente nos solos dos Cerrados. Entretanto, em função dos cultivos sucessivos, podem surgir deficiências de outros micronutrientes.

Embora os micronutrientes sejam requeridos em pequenas quantidades, as respostas aos mesmos são consideráveis. Assim, como pode ser observado na Tabela 5, a adição de apenas 9 quilos de zinco por hectare (45 quilos de sulfato de zinco por hectare), aplicados a lanço, três anos antes do plantio da soja proporcionaram um incremento de 1,5 t/ha de grãos (Ritchey et al. 1986).

TABELA 5. Produtividade da soja (Var. IAC-2), em função de doses de zinco aplicadas a lanço três anos antes do seu cultivo em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso dos Cerrados (Ritchey et al. 1986).

Dose de zinco	Produtividade de soja
	kg/ha
0	1083
1	1569
3	2126
9	2596
27	2813

A utilização da análise de solo para recomendação de adubação com micronutrientes ainda é limitada. Para o método de Mehlich 1 a literatura cita os níveis críticos (níveis de suficiência) para zinco, cobre e manganês de 1,0; 0,5 e 5,0 ppm, respectivamente, sendo este último a pH em água de 6,0. Para o boro, extraído em água quente, o teor de 0,5 ppm é considerado como nível de suficiência. Devido ao problema de amostragem de solo, bem como de poucos laboratórios realizarem a análise de micronutrientes, a aplicação dos mesmos pode ser feita em função do histórico da área.

A análise foliar pode ser também de grande valia na previsão ou constatação de deficiência de micronutrientes. Para a análise devem ser amostradas 30 a 50 folhas trifoliadas, completamente desenvolvidas, da parte superior de cada planta (terceira folha a partir do ápice) no início do florescimento.

Os intervalos de suficiência encontrados na literatura para os micronutrientes são:

zinco	20 a 50 ppm
cobre	10 a 30 ppm
manganês	20 a 100 ppm
boro	20 a 55 ppm
molibdênio	1 a 5 ppm
ferro	50 a 350 ppm

A recomendação de micronutrientes para a cultura da soja é de se aplicar, a lanço, pelo menos, quatro quilos de zinco por hectare (vinte quilos de sulfato de zinco, ou seis quilos de óxido de zinco).

Além do zinco, micronutrientes como o boro, cobre, manganês e molibdênio, e também cobalto têm apresentado acréscimos na produtividade da soja e de outras culturas que compõem os sistemas de produção dos Cerrados.

Recomenda-se a aplicação de 4 a 6 kg de Zn/ha, 0,5 a 1,0 kg de B/ha, 0,5 a 1,0 kg de Cu/ha, 2,5 a 6,0 kg de Mn/ha, 50 a 250 g de Mo/ha e 50 a 250 g Co/ha, através de fritas ou sais destes elementos.

A dose de sulfato de zinco e de fritas apresentam um efeito residual de cerca de quatro anos e custariam, aproximadamente, dois sacos de soja por hectare. A aplicação desses insumos propicia aumentos na produtividade da soja superior a dois sacos, além de um efeito residual de quatro anos, o que torna a aplicação dos mesmos altamente vantajosa.

A aplicação de micronutrientes no sulco de plantio tem sido muito utilizada pelos produtores. Neste caso, aplica-se 1/4 da recomendação a lanço por um período de quatro anos sucessivos. A necessidade de complementação da adubação com micronutrientes pode ser determinada pela análise foliar.

A utilização de micronutrientes incorporados ao fertilizante NPK tem sido uma prática corriqueira na região dos Cerrados. A utilização destas fórmulas tem como vantagem a facilidade e a uniformidade de aplicação, com redução no número de operações pois os macro e micronutrientes são aplicados juntos. Em média gasta-se um saco de soja por hectare para cobrir os custos com micronutrientes na fórmula.

6 NITROGÊNIO

As fórmulas de adubos encontradas no mercado trazem nitrogênio. Todavia, esse nutriente é dispensável, desde que se faça, na hora da semeadura, uma boa inoculação das sementes com rizóbio. O inoculante deve ser específico para a soja e com capacidade de adaptação às condições de solo e clima da região dos Cerrados, além de ter boa qualidade. Um bom inoculante deve apresentar uma população mínima de dez milhões de células vivas de rizóbio por grama, como exige a legislação brasileira.

A inoculação deve ser feita na proporção de um quilo de inoculante para 40 quilos de sementes, em solos de primeiro cultivo de soja. Nos anos subseqüentes deverá ser mantida a mesma dose da primeira aplicação (Vargas et al. 1993).

7 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A matéria orgânica é responsável por cerca de 90% da capacidade de troca catiônica do solo e pela agregação de partículas, influenciando na melhor aeração, infiltração e retenção de água no solo. A cultura da soja produz matéria orgânica com baixa relação C/N e, portanto, de fácil decomposição. Desta forma, além das várias vantagens da rotação de culturas, o cultivo de gramíneas em alternância com a soja permitirá manter o estoque de matéria orgânica ativa no solo, em nível desejável, para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

A mecanização no preparo do solo deve ser também uma preocupação de modo a não criar impedimento físico à penetração de água e de raízes em camadas mais profundas.

8 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- MIRANDA, L.N. de. Doses e modos de aplicação de calcário para culturas anuais em solos de várzea. In: EMBRAPA-CPAC. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987-1990**. Planaltina: 1994. p.153-155.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z.; YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.215-225, 1986.
- SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação fosfatada. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 6. Brasília, DF, 1982. **Savana: alimento e energia**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 33-60.

- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1987. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 51).
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E.; CASTRO, L.H.R. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos Cerrados. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.193-198, 1989.
- SOUSA, D.M.G.; SCOLARI, D.D.G. **Correção da acidez em solos da região dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. 6p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 49).
- SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A.; LOBATO, E.; RITCHEY, K.D. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos dos Cerrados. In: **SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA**, 2, Uberaba, MG, 1992. São Paulo. IBRAFOS, 1992. p.139-158.
- VARGAS, M.A.T.; MENDES, I.C.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. **Inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium japonicum***. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. 4p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 64).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual 1975-1976**, Planaltina, 1976. 150p.

SUMMARY

SOIL AMENDMENT AND FERTILIZATION FOR SOYBEAN GROWTH IN CERRADO SOILS.

In order to grow soybeans in cerrado soils it is necessary a previous, reduction of soil acidity and to build up the soil fertility. It is recommended the application of limestone to raise the soil pH up to the range between 5,5 and 6,0 or to increase base saturation up to 50%. The chemical constraints for root growth in the subsurface soil layers, such as the high aluminum saturation and/or calcium deficiency, can be overcome by the addition of gypsum. The recommended levels of gypsum vary from 700 kg/ha for sandy soils to 3200 kg/ha for heavy clayey soils. Fertilizers to supply phosphorus and potassium are recommended according to their availability in the soil determined by chemical analysis. Critical levels for those nutrients as well as the fertilizers recommendations are presented and vary with soil clay content. Alternatives for these applications are offered. As for the micronutrients, the fertilizers recommendations are based on their availability detected either by plant or soil analysis. The most common deficiency is related to zinc. There are, also, some indications for boron and copper deficiencies after a few years of cropping.

Key words: liming, fertilizers, oxisols, savannas, *Glycine max* (L.) Merrill.

