

# Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura da Soja

Dirceu Luiz Broch<sup>1</sup>  
Sidnei Kuster Ranno<sup>2</sup>

## 2.1. Amostragem do solo

A recomendação de adubação e de calagem baseia-se principalmente na análise de solo para a avaliação das necessidades de corretivos da acidez e de fertilizantes. A análise foliar fornece apenas informações complementares referentes à nutrição das plantas e pode auxiliar no planejamento e na execução de um programa de adubação, principalmente a partir da safra posterior àquela em que foi realizada a análise.

Como as recomendações de adubação e calagem são orientadas em grande parte pelos teores dos nutrientes determinados na análise de solo, é imprescindível que estes teores reflitam o real estado de fertilidade do solo. Ou seja, apenas haverá sucesso no aumento da produtividade das culturas e uma utilização racional de fertilizantes e/ou corretivos através da correta amostragem de solo ou folhas, da correta execução da análise de solo e folhas no laboratório e da interpretação dos resultados analíticos para as condições regionais por profissionais habilitados. Sabe-se que a adubação realmente efetivada pelo produtor vai depender também de questões como o histórico da área, condição financeira e de crédito, expectativa de produtividade e de preço dos produtos agrícolas, mas, sugere-se tomar decisões conscientemente e para isto a correta amostragem do solo é fundamental.

### Frequência de amostragem

A frequência de amostragem do solo deve ser anual nos três primeiros anos em que a área foi introduzida no sistema de produção agrícola (áreas de abertura) no intuito de acompanhar a evolução da fertilidade do solo e possibilitar algum ajuste nas recomendações. A partir do terceiro ano, as amostragens de solo podem ser realizadas com intervalo de dois ou três anos.

### Época de amostragem

Quanto à época de amostragem de solo não existe uma regra, podendo ser realizada em qualquer época do ano. Ela poderá ser feita a partir da maturação fisiológica da cultura anterior aquela que será instalada quando a sucessão de culturas é imediata. Normalmente esta amostragem é feita no final do período chuvoso (maio a junho) ou logo após a colheita da cultura de verão, com alguma umidade no solo, para facilitar a amostragem. É importante ter-se em mãos a análise com antecedência para que seja possível planejar a compra de corretivos e fertilizantes. Além disso, sabe-se que o calcário terá maior eficácia já na primeira safra após a aplicação quando a calagem for realizada com a maior antecedência possível. O ideal seria aplicar o calcário no mínimo 6 meses antes do plantio. Uma dica importante é que quanto maior for a acidez do solo maior tem que ser o intervalo entre a aplicação do calcário e o plantio da cultura (mínimo de 6 meses).



<sup>1</sup> Engº Agrº M. Sc. (CREA 80130/D-RS - Visto 8018/MS) Pesquisador da FUNDAÇÃO MS.

<sup>2</sup> Engº Agrº M. Sc. (CREA 130898/D - Visto 12.776 /MS) Pesquisador da FUNDAÇÃO MS.

### Metodologia de amostragem

Com relação à metodologia de coleta de solo, a FUNDAÇÃO MS preconiza que ela deva ser bem feita sem, no entanto, ser inviável do ponto de vista operacional. Assim, a metodologia pode ser a mesma para o sistema de Plantio Convencional e Plantio Direto. O processo de amostragem consiste em coletar amostras de solo com a pá de corte na profundidade de 0-20 cm, preferencialmente, (aproveitando uma porção central de 7,5 cm de largura e desprezando-se as extremidades) para a análise dos atributos de acidez, macronutrientes (incluindo o enxofre), micronutrientes e textura e, na profundidade de 20-40 cm com trado de rosca, preferencialmente, para a análise dos atributos de acidez e macronutrientes (incluindo o enxofre). A coleta na camada de 20-40 cm é fundamental para a condição do Mato Grosso do Sul em função da freqüente ocorrência de estiagens e da presença de acidez no subsolo. A partir dos dados de análise da camada subsuperficial (20-40 cm) é possível traçar estratégias de manejo da fertilidade que minimizem estes problemas climáticos, como, por exemplo, a utilização de gesso agrícola e a utilização de cultivares que toleram maior acidez, entre outras. Um outro aspecto importante é solicitar a análise do fósforo disponível por Mehlich-1 e Resina. Isto permite uma melhor interpretação em áreas com histórico de utilização de fosfatos naturais ou outras fontes de fósforo parcialmente solúveis.

O primeiro passo para a amostragem consiste em dividir a área em glebas de solo homogêneas, considerando-se o tipo de solo (cor, textura, etc.), a topografia, a vegetação e o histórico de utilização (seqüência de culturas), adubação ou correção da acidez. A Figura 2.1 indica como é possível termos grande diversidade de condições em uma mesma propriedade.

Cada condição merece uma amostra composta. Esta amostra composta deve ser constituída de no mínimo 24 amostras simples coletadas ao acaso (em "ziguezague"). Quando a amostragem vai ser realizada em áreas de abertura ou em áreas onde há vários anos toda a adubação é realizada à lanço em área total, pode-se coletar amostras simples ao acaso (mínimo de 24 em cada profundidade) cuidando para evitar a coleta próximas a brejos, voçorocas, árvores, sulcos de erosão, curvas de nível, formigueiros, etc. ou qualquer outra mancha não-representativa da área.

Já em áreas que recebem adubação no sulco de plantio, sob plantio direto ou não, a metodologia é um pouco diferente, porém sem esquecer dos cuidados mencionados acima. Para esta condição a FUNDAÇÃO MS tem obtido a amostra composta a partir de 24 amostras simples, das quais 4 amostras simples coletadas na linha e 20 amostras simples na entrelinha. Mantém-se a proporção de "1:5". O importante é que cada uma das 24 amostras simples que compuser a amostra contribua com o mesmo volume de solo e com uniformidade em toda a profundidade. Na Figura 2.2, está apresentado um resumo do procedimento de coleta de solo. Dentre as diferentes opções de equipamentos para amostragem do solo, a FUNDAÇÃO MS tem preconizado a pá-de-corte para amostrar a camada de 0-20 cm e o trado de rosca para amostrar a camada de 20-40 cm. As amostras simples devem ser misturadas no balde e desse volume de solo, 500g de cada profundidade deverão ser enviadas imediatamente ao laboratório para a análise. Optar por laboratório que faça parte de uma rede com controle de qualidade interlaboratorial e que disponibilize o resultado da análise o mais breve possível (máximo de 15 a 20 dias).

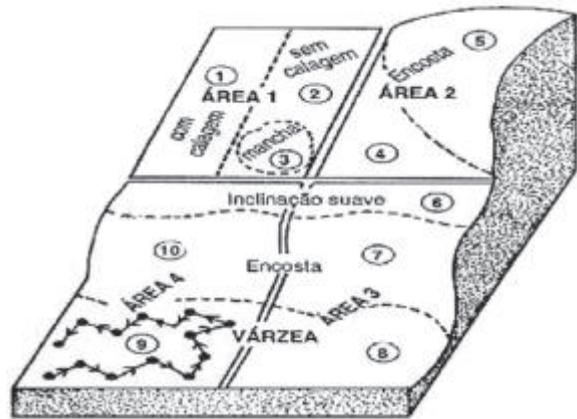


Figura 2.1. Plano de amostragem de uma propriedade, com diferentes declividades e usos de solo (Adaptado de CQFS-RS/SC, 2004).

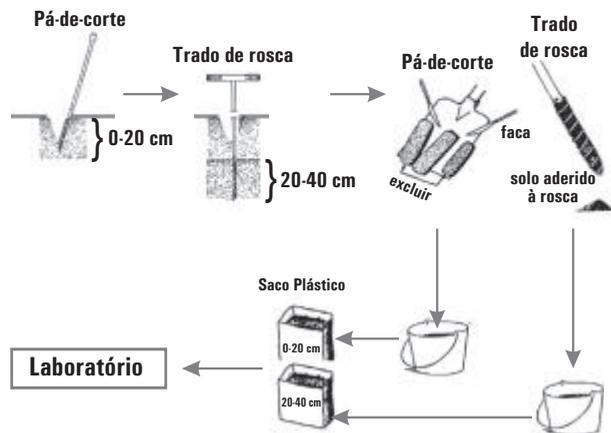


Figura 2.2. Procedimento para amostragem do solo preconizado pela FUNDAÇÃO MS (Adaptado de CQFS-RS/SC, 2004).

## 2.2. Interpretação da análise do solo

As recomendações de adubação e calagem devem ser orientadas pelos teores dos nutrientes determinados na análise de solo e pelos objetivos de produtividade. No entanto, não podemos nos esquecer que para a interpretação dos resultados de análise somente será segura e confiável se houver o conhecimento do histórico da área, se amostragem representa realmente a condição de fertilidade da gleba e se a posterior análise no laboratório foi bem feita, utilizando metodologias padronizadas cujos teores extraídos apresentam uma boa relação com a produtividade das culturas na região.

Em geral as plantas não são muito sensíveis a variações nas relações entre cátions determinados na análise de solo. Isto significa que no manejo da fertilidade do solo é mais importante a manutenção de teores individuais dos principais cátions em nível suficiente ( $\text{Ca} > 2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  quando  $\text{CTC} < 8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  ou  $\text{Ca} > 4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  quando  $\text{CTC} \geq 8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; e  $\text{Mg} > 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Assim, não é necessária uma preocupação exagerada com as relações entre os nutrientes, sendo que as mesmas devem ser encaradas apenas como variáveis auxiliares da análise de solo. Na Tabela 2.1 estão apresentados níveis de alguns componentes do solo para efeito da interpretação da análise química do solo, assim como algumas variáveis auxiliares de análise de solo para a cultura da soja:

Tabela 2.1. Níveis de alguns componentes do solo para efeito de interpretação dos resultados de análise química do solo, para a cultura da soja<sup>1</sup>. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Níveis	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	C	M.O.	Saturação na CTC (%)			Relações		
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	$\text{g. kg}^{-1}$	$\text{g. kg}^{-1}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
----- Em solos com $\text{CTC} < 8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----											
Baixo	< 0,3	< 1,0	< 0,4	< 8,0	< 15,0	< 26,0	< 13,0	< 3,0	< 1,0	< 10,0	< 5,0
Médio	0,3-0,8	1,0-2,0	0,4-0,8	8,0-14,0	15,0-25,0	26,0-34,0	13,0-18,0	3,0-5,0	1,0-2,0	10,0-20,0	5,0-10,0
Alto	> 0,8	> 2,0	> 0,8	> 14,0	> 25,0	> 34,0	> 18,0	> 5,0	> 2,0	> 20,0	> 10,0
----- Em solos com $\text{CTC} \geq 8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----											
Baixo	< 0,3	< 2,0	< 0,4	< 8,0	< 15,0	< 35,0	< 13,0	< 3,0	< 1,5	< 8,0	< 3,0
Médio	0,3-0,8	2,0-4,0	0,4-0,8	8,0-14,0	15,0-25,0	35,0-50,0	13,0-20,0	3,0-5,0	1,5-3,5	8,0-16,0	3,0-6,0
Alto	> 0,8	> 4,0	> 0,8	> 14,0	> 25,0	> 50,0	> 20,0	> 5,0	> 3,5	> 16,0	> 6,0

<sup>1</sup>Adaptado de EMBRAPA (2006).

### 2.2.1. Acidez da camada superficial do solo e a calagem

A acidez do solo tem origem natural durante o processo de formação do solo. A atividade agrícola pode acelerar a acidificação e quando o solo está ácido (pH baixo), temos uma menor disponibilidade de alguns nutrientes como o fósforo e o molibdênio, observa-se a toxidez de alumínio e prejuízos à atividade microbiana, com reflexos negativos na fixação biológica e nutrição da soja com nitrogênio.

Sabe-se que os nutrientes têm sua disponibilidade determinada por vários fatores, dentre os quais está o valor de pH. O pH é uma medida direta da acidez do solo e consiste na concentração (atividade) de íons hidrogênio na solução do solo. A Figura 2.3 ilustra a tendência da disponibilidade dos diversos elementos químicos às plantas, em função do pH do solo. A disponibilidade varia como consequência do aumento da solubilidade dos diversos compostos na solução do solo.

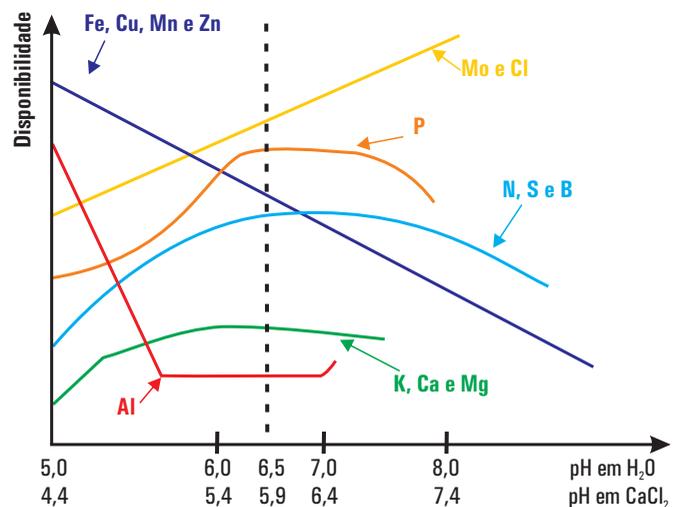


Figura 2.3. Relação entre o pH do solo e a disponibilidade dos nutrientes no solo. FUNDAÇÃO MS, 2008. Adaptado de Embrapa (2006).

Os problemas de um solo ácido podem ser amenizados com a elevação do pH, que pode ser realizada com a adição de materiais (carbonatos, silicatos, etc.) que neutralizem os íons  $H^+$  existentes na solução do solo e naqueles compostos que podem liberar H (matéria orgânica:  $RCOOH \rightleftharpoons RCOO^- + H^+$  e alumínio:  $Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+$ ) (Silva et. al., 2002).

O pH do solo deve ser elevado até valores adequados às plantas, favorecendo a disponibilidade de nutrientes de um modo geral e neutralizando o alumínio tóxico. A FUNDAÇÃO MS tem observado que as maiores produtividades são alcançadas com valores de pH entre 5,8 e 6,2. À medida que o pH se eleva, tem-se menor disponibilidade de cátions micronutrientes, tais como ferro, zinco, manganês, cobre. No entanto, isto não é preocupante quando a calagem é realizada com critério, pois, em solos ácidos, os benefícios do aumento de disponibilidade de fósforo, molibdênio, nitrogênio, cálcio, magnésio, boro e enxofre podem sobrepor a redução na disponibilidade de ferro, zinco, cobre e manganês.

### Tomada de decisão

O critério para a tomada de decisão quanto à aplicação de corretivos de acidez está baseado no resultado de análise de solo da camada de 0-20 cm e para as condições do Mato Grosso do Sul a FUNDAÇÃO MS "geralmente" sugere aplicar calcário quando:

- O pH do solo estiver abaixo de valores entre 5,8 e 6,2 ou;
- A saturação por bases (medida indireta da acidez) estiver abaixo de 60% ou;
- Houver a presença de alumínio trocável.

### Definição da dose

A determinação da quantidade de calcário a ser aplicada pode ser feita segundo a metodologia da *Saturação de bases do solo*. Este método consiste na elevação da saturação de bases trocáveis para um valor que proporcione o máximo rendimento econômico do uso de calcário. Este método é um procedimento matemático que reflete a proporção de cálcio, magnésio e potássio na capacidade de troca de cátions do solo (T). O cálculo da necessidade de calcário (NC) é feito através da seguinte fórmula:

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = \frac{(V_2 - V_1) \times T \times f}{100}$$

Em que:

$V_1$  = valor da saturação das bases trocáveis do solo, em porcentagem, antes da correção ( $V_1 = 100 S/T$ ) sendo:

$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$  ( $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ );

$V_2$  = Valor da saturação de bases trocáveis que se deseja;

T = capacidade de troca de cátions,  $T = S + (H + Al^{3+})$  ( $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ );

F = fator de correção do PRNT do calcário  $f = 100/PRNT$ .

Quando o potássio é expresso em  $mg \text{ dm}^{-3}$ , na análise do solo, há necessidade de transformar para  $cmol_c \text{ dm}^{-3}$  pela fórmula:  $cmol_c \text{ dm}^{-3} \text{ de K} = (0,0026) mg \text{ dm}^{-3} \text{ de K}$ .

No entanto, para a determinação da quantidade de calcário a FUNDAÇÃO MS tem feito alguns ajustes em função das características do solo onde será feita a correção (textura, CTC, M.O. e teores de micronutrientes). Esta questão merece atenção especial quando o objetivo é alcançar altos níveis de produtividade. O valor da saturação de bases trocáveis que se deseja estabelecer ( $V_2$ ) no solo após a reação do calcário será de:

$V_2 = 55\%$  - em solo arenoso, com baixa CTC, nível baixo de M.O., níveis baixos de Zn, Cu e Mn;

$V_2 = 60\%$  - em solos de textura média, com média CTC, nível médio de M.O. e níveis médios de Zn, Cu e Mn;

$V_2 = 70\%$  - em solos argilosos, com CTC entre 8 e 11  $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ , nível bom de M.O. e níveis altos de Zn, Cu e Mn.

$V_2 = 80\%$  - são exceções, condição para solos muito argilosos, com alta CTC, níveis altos de M.O., Zn, Cu e Mn.

### Modo de aplicação

O modo de aplicação de calcário sugerido pela FUNDAÇÃO MS depende do histórico da área e dos níveis de alguns parâmetros de análise do solo:

#### Em áreas de abertura

É interessante incorporar o calcário na camada de 0-20 cm de profundidade. Pode-se aproveitar a seqüência de operações agrícolas para realizar a correção com fósforo, potássio, micronutrientes e gesso, caso a análise de solo indicar a necessidade de alguma destas correções. A incorporação na camada arável é fundamental quando se deseja implementar o sistema plantio direto.

#### Em áreas sob plantio direto consolidado:

- Áreas onde o teor de argila for  $> 30\%$  e/ou CTC  $> 7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e os teores de micronutrientes catiônicos (Mn, Zn e Cu) estiverem em níveis considerados adequados, pode-se aplicar o calcário a lanço sem incorporação desde que a dose não ultrapasse o limite de  $3 \text{ ton ha}^{-1}$ . Nesta mesma condição, se a necessidade de calcário (NC) for superior a  $3 \text{ ton ha}^{-1}$ , deve-se preferencialmente incorporar o calcário na camada arável do solo (0-20 cm).

- Áreas onde o teor de argila for  $< 30\%$  e/ou CTC  $< 7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e os teores de micronutrientes catiônicos (Mn, Zn e Cu) estiverem em níveis considerados adequados pode-se aplicar o calcário a lanço sem incorporação desde que a dose não ultrapasse o limite de  $2 \text{ ton ha}^{-1}$ . Nesta mesma condição, se a necessidade de calcário (NC) for superior a  $2 \text{ ton ha}^{-1}$ , deve-se preferencialmente incorporar o calcário na camada arável do solo (0-20 cm).

- Áreas arenosas ou argilosas sob plantio direto consolidado e que ainda não apresentem teores de micronutrientes na análise de solo em níveis considerados "adequados" merecem cuidado especial quanto à calagem, sendo fundamental a correção desta deficiência quando se fizer uso de corretivos de acidez.

### Escolha do calcário

A qualidade do calcário é fundamental para que a calagem atinja os objetivos de neutralização do alumínio trocável e/ou de elevação dos teores de cálcio e magnésio. Assim, algumas condições básicas devem ser observadas (Embrapa, 2006):

- todo o calcário deve passar em peneira com malha de 0,3 mm;
- o calcário deve apresentar teores de  $\text{CaO} + \text{MgO} > 38\%$ , com preferência ao uso de calcário dolomítico ( $> 12,0\% \text{ MgO}$ ) ou magnesiano (entre 5,1% e 12,0% MgO), em solos com relação elevada Ca/Mg ( $> 3/1$ );
- na escolha do corretivo, em solos que contenham menos de  $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg, deve ser dada preferência para materiais que contenham o magnésio (calcário dolomítico e ou magnesiano) a fim de evitar que ocorra um desequilíbrio entre os nutrientes. Como os calcários dolomíticos encontrados no mercado contêm teores de magnésio elevados, deve-se acompanhar a evolução dos teores de Ca e Mg no solo e, caso haja desequilíbrio, pode-se aplicar calcário calcítico ( $< 5,0\% \text{ MgO}$ ) para aumentar a relação Ca/Mg;

## 2.2.2. Acidez da camada subsuperficial do solo e a gessagem

Os solos do Mato Grosso do Sul, a exemplo de outras condições onde se cultiva soja e milho na Região Central do Brasil, apresentam problemas de acidez subsuperficial, uma vez que a incorporação profunda do calcário nem sempre é possível. Assim, camadas mais profundas do solo (abaixo de 20 cm) podem continuar com excesso de alumínio tóxico. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água da maioria desses solos, limita a produtividade, principalmente nas regiões onde é mais freqüente a ocorrência de veranicos (Sousa & Lobato, 1996).

A aplicação de gesso agrícola diminui rapidamente a saturação de alumínio nessas camadas mais profundas, como pode ser visto na Figura 2.4, abaixo. Desse modo, surgem condições para o sistema radicular das plantas aprofundarem-se no solo e, conseqüentemente, minimizar o efeito de veranicos. Deve ficar claro, porém, que o gesso não neutraliza a acidez do solo (Sousa & Lobato, 2004), fazendo-se necessária a correção prévia da camada superficial (0-20 cm) com calcário.

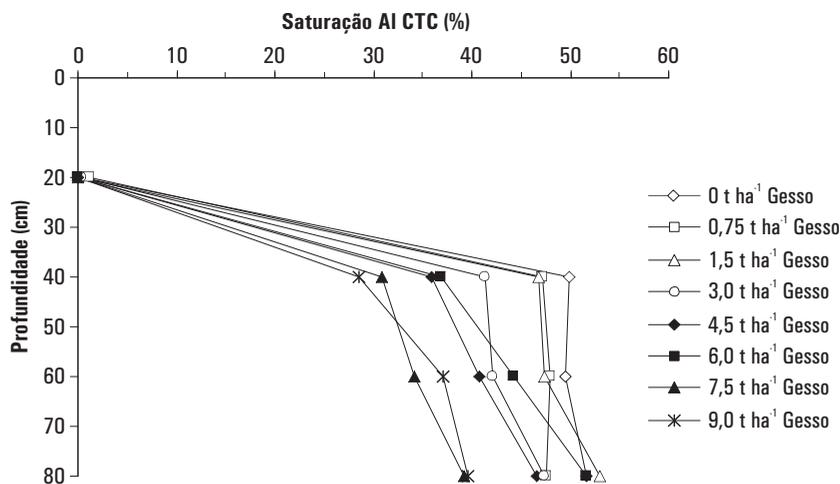


Figura 2.4. Redução na saturação por alumínio na CTC da camada subsuperficial (abaixo de 20 cm) de um solo argiloso (55 - 60% argila) 6 (seis) meses após a aplicação de altas doses de gesso agrícola em superfície, Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008. (trabalho em andamento).

A FUNDAÇÃO MS vem obtendo respostas expressivas com a utilização de gesso agrícola na cultura da soja. Na Figura 2.5 está apresentada a produtividade da soja em função de doses crescentes de gesso agrícola em solo argiloso (55% argila) com baixos teores iniciais de enxofre, em Maracaju/MS.

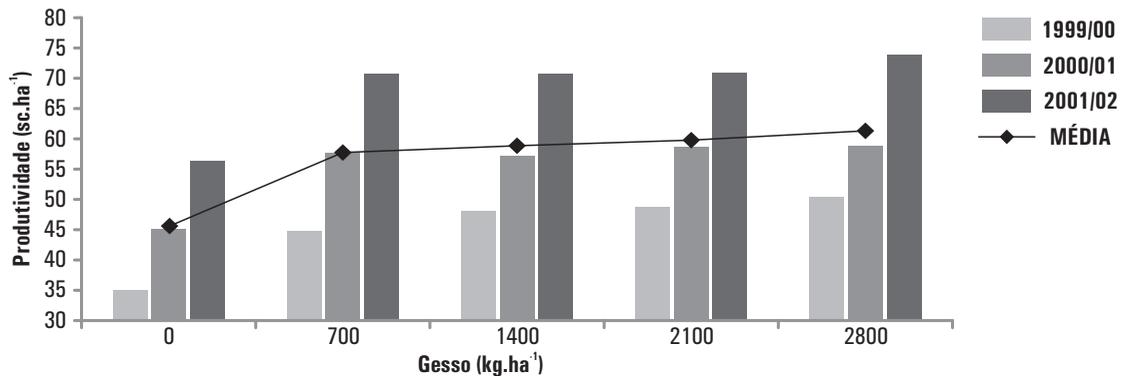


Figura 2.5. Produtividade da soja (sc ha<sup>-1</sup>) em resposta à utilização de doses crescentes de gesso agrícola, safras 1999/00 a 2001/02, em solo argiloso (55% argila) com baixos teores de enxofre disponível, em Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Houve ganhos na produtividade da soja até as maiores doses de gesso aplicadas. Com a dose de 700 kg ha<sup>-1</sup>, cuja produtividade média das 3 safras foi de 57,9 sc ha<sup>-1</sup> já houve um ganho expressivo na produtividade da soja (+ 12 sc ha<sup>-1</sup>) em relação à testemunha (45,9 sc ha<sup>-1</sup>), que está relacionada à deficiência inicial de enxofre e o benefício do gesso como fonte deste nutriente, pois não se espera efeitos corretivos de subsolo com esta dose. Na doses de 1400, 2100 e 2800 kg ha<sup>-1</sup> cujas produtividades médias das 3 safras foram, respectivamente, de 58,9, 59,7 e 61,4 sc ha<sup>-1</sup> e os ganhos em relação à testemunha foram, respectivamente, de 13,0, 13,8 e 15,5 sc ha<sup>-1</sup>, já se espera uma resposta relativa ao gesso como fonte de enxofre associada à correção de subsolo, especialmente na maior dose, 2800 kg ha<sup>-1</sup>. Comparando-se a produtividade média da soja com a aplicação de 2800 kg ha<sup>-1</sup> (61,4 sc ha<sup>-1</sup>) em relação à aplicação de 700 kg ha<sup>-1</sup> (57,9 sc ha<sup>-1</sup>) pode-se inferir que a diferença, 3,5 sc ha<sup>-1</sup>, seja a contribuição do gesso como corretivo do subsolo.

As contribuições do gesso na correção da acidez subsuperficial vêm sendo evidenciadas em trabalhos da FUNDAÇÃO MS em diversos municípios do estado, com incrementos na produtividade da soja de até 5,0 sc ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha (sem restrição nutricional de enxofre), através do fornecimento de altas doses de gesso agrícola.

#### Tomada de decisão

O gesso deve ser utilizado em áreas onde a análise de solo, na profundidade de 20 a 40 cm, indicar a saturação de alumínio maior que 20% e/ou quando a saturação do cálcio for menor que 60% (cálculo feito com base na capacidade de troca efetiva de cátions).

#### Definição da dose

A dose de gesso agrícola a aplicar é de 700, 1200, 2200 e 3200 kg ha<sup>-1</sup> para solos de textura arenosa (≤15 % argila), média (16-35% argila), argilosa (36–60% argila) e muito argilosa (> 60% argila), respectivamente. O efeito residual dessas dosagens é de, no mínimo, cinco anos.

Também é possível calcular a dose de gesso pela seguinte fórmula (Sousa & Lobato, 1996):

$$D.G. (kg.ha^{-1}) = 50 \times Argila (\%)$$

Em que:

D.G. = Dose de gesso a aplicar (em kg ha<sup>-1</sup>);

50 = Fator de multiplicação (adimensional)

Argila (%) = teor de argila obtido na análise do solo (em %).

#### Modo de aplicação

Em função das suas características químicas, a aplicação do gesso agrícola pode ser realizada a lanço em superfície, sem prejuízos a sua eficiência.

### 2.2.3. Matéria orgânica e manejo do solo

O Sistema Plantio Direto (SPD) bem conduzido é apontado como uma estratégia de se obter produtividade e rentabilidade com sustentabilidade. Através de um manejo adequado do solo em SPD, com diversificação das atividades é possível reduzir a vulnerabilidade às condições climáticas e variações de preço no mercado e melhorar a qualidade do solo. Um dos melhores indicativos de qualidade de um solo é o teor de matéria orgânica deste solo (MOS). O SPD bem conduzido, pela ausência de revolvimento do solo e manutenção de plantas e de resíduos vegetais sobre a superfície durante o ano todo pode ser um dos meios de aumentar a MOS.

Apesar do aumento da área plantada sob SPD no estado do Mato Grosso do Sul a partir da década de 90, este sistema ainda não é adotado em sua plenitude. A monocultura da soja ocupando mais de 90% da área plantada no verão associada à não ocupação do solo (pousio) ou à monocultura do milho safrinha no período de outono-inverno implica em uma rotação de culturas precária com reduzido aporte de resíduos de culturas e falta de proteção da superfície do solo. Essas práticas estimulam as perdas de Carbono Orgânico do Solo (COS), principal componente da MOS, reduzindo o potencial produtivo do solo e liberando gases de efeito estufa para a atmosfera, mesmo em SPD.

O acúmulo de carbono e as melhorias decorrentes do aumento da MOS somente acontecerão quando a taxa de entrada de carbono no solo for maior que as taxas de perda de carbono. Para isso é fundamental a adoção de práticas associadas ao SPD que aumentem a adição de carbono ao solo como, por exemplo, a permanência de plantas altamente produtoras de fitomassa cobrindo o solo, fixando carbono e reciclando nutrientes o ano todo.

Trabalhos de pesquisa tem evidenciado que a sucessão Soja/Milho Safrinha, além de não se caracterizar como uma rotação de culturas, não acumula carbono no solo e, portanto não incrementa os teores de MOS. Para solucionar este problema tem-se levantado algumas possibilidades dentre as quais podemos destacar o consórcio Milho + Pastagem e o consórcio Milho Safrinha + Pastagem. A introdução desta terceira cultura no sistema de cultivo, geralmente espécies do gênero *Brachiaria* spp., proporciona acúmulos de carbono, pois a taxa de entrada de carbono no solo passa a ser maior que as taxas de perda de carbono, incrementando a MOS. Além disso, as espécies de *Brachiaria* spp., podem auxiliar na supressão de pragas e doenças de solo que atacam as culturas anuais como nematóides e fungos que causam podridões radiculares. Este efeito tem sido relacionado aos maiores intervalos entre cultivos da mesma espécie de interesse comercial, pelas espécies *Brachiaria* spp., não serem hospedeiras e até mesmo pela produção de substâncias inibidoras por estas plantas.

A FUNDAÇÃO MS vem trabalhando intensivamente na geração de informações técnicas que permitam viabilizar este sistema. Na Figura 2.6 e na Tabela 2.2 estão apresentados resultados de um experimento de longa duração iniciado em 2005 que visa avaliar os benefícios do consórcio de Milho Safrinha com *Brachiaria* spp. Neste trabalho, instalado em área de boa fertilidade (com os teores de nutrientes acima dos níveis críticos) é feito um comparativo da produtividade da soja na sucessão Milho Safrinha/Soja com a produtividade da soja na sucessão Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha*/Soja. O consórcio foi estabelecido em março de 2005, março de 2006 e março de 2007. A espécie de pastagem utilizada foi a *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. A semeadura da pastagem foi realizada com a semeadora SHM (semeadora de cereais de inverno) previamente ao plantio do milho safrinha (espaçamento 20 cm) no mesmo dia do plantio do Milho Safrinha. Utilizaram-se aproximadamente 12 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de pastagem, o que corresponde a aproximadamente 500 pontos de VC ha<sup>-1</sup>. O Milho Safrinha, híbrido AG 9010, foi semeado no espaçamento de 80 cm logo após a semeadura da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. Quando a *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* estava com aproximadamente 2 perfilhos e o Milho no estádio V5, aplicou-se o herbicida Sanson na dose de 200 ml ha<sup>-1</sup> no intuito de retardar o crescimento vegetativo da *Brachiaria* e permitir a vantagem competitiva do Milho Safrinha. Desse modo, diminuiu-se o risco de perda de produtividade do Milho Safrinha em função da competição por luz, água e nutrientes. Após a colheita do Milho Safrinha (agosto) a *Brachiaria* permaneceu vegetando até o início de outubro, quando foi realizada a dessecação, em torno de 35 dias antes da semeadura da soja. A semeadura da soja, cv. BRS 239, sobre a palhada de Milho safrinha ou

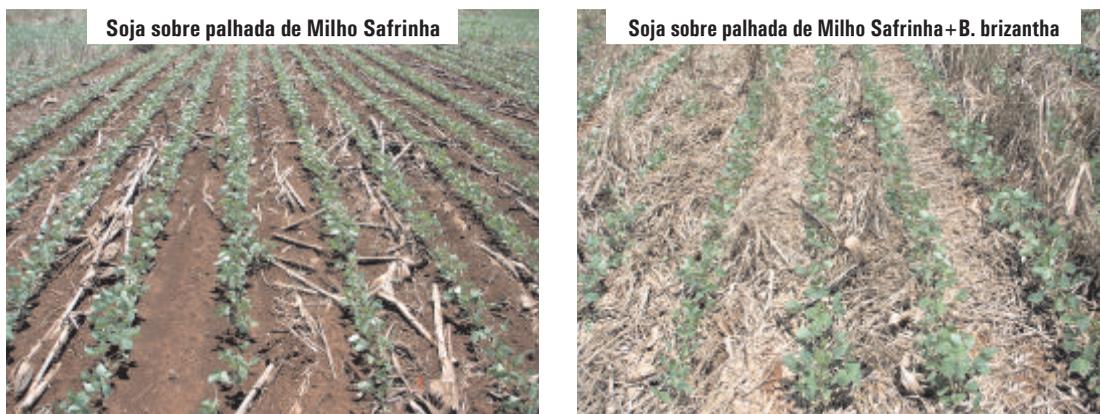


Figura 2.6. Semeadura de soja sobre palhada de milho safrinha (à esquerda) e palhada de milho safrinha + *B. Brizantha* cv *Marandu* (à direita). FUNDAÇÃO MS, 2008.

sobre a palhada de Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi realizada no início do mês de novembro nas três safras avaliadas e o manejo da cultura seguiu as recomendações preconizadas pela pesquisa da FUNDAÇÃO MS.

Tabela 2.2. Produtividade da soja (sc.ha<sup>-1</sup>) cv. BRS 239, em resposta a sucessão de culturas adotada. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Safr	Produtividade da Soja		Ganho
	Milho Safrinha / Soja	Milho Safrinha+B. Brizantha / Soja	
	..... sc.ha <sup>-1</sup> .....		
2005/2006	62,0 <sup>NS</sup>	63,5	1,5
2006/2007	60,7 <sup>b</sup>	68,0 <sup>a</sup> <sup>1</sup>	7,3
2007/2008	47,4 <sup>b</sup>	52,2 <sup>a</sup>	4,8
<b>TOTAL</b>	<b>170,1</b>	<b>183,7</b>	<b>13,6</b>

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup>Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Analisando-se os dados, podemos observar que na safra 2005/2006 não houve diferenças significativas com relação à produtividade da soja. No entanto, a produtividade média da soja sobre a palhada de Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou uma tendência de superioridade que foi de 1,5 sc ha<sup>-1</sup>. Já na safra 2006/2007, a soja semeada sobre a palhada do consórcio Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou uma produtividade significativamente superior àquela observada no cultivo sobre palhada de Milho safrinha, com um incremento de 7,3 sc ha<sup>-1</sup>. Na safra 2007/08, apesar das restrições climáticas relativas aos períodos alternados de estiagem (altas temperaturas) e excesso de nebulosidade (associada ou não à ocorrência de precipitações) no período reprodutivo, a soja semeada sobre a palhada do consórcio Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresentou uma produtividade significativamente superior àquela observada no cultivo sobre palhada de Milho safrinha, com um incremento de 4,8 sc ha<sup>-1</sup>. O ganho acumulado em produtividade de soja nas três safras foi de 13,6 sc ha<sup>-1</sup>.

Estes ganhos de produtividade na soja podem estar relacionados: - à diminuição das perdas de solo com erosão e diminuição das perdas de carbono para a atmosfera pela ação dos microrganismos; - ao incremento no teor de matéria orgânica pela maior produção de palhada no consórcio; - à melhoria do ambiente para o desenvolvimento radicular, como redução da temperatura do solo e diminuição da amplitude térmica do solo, o que permite o desenvolvimento radicular da soja na camada superficial do solo, mais rica em nutrientes; - ao aumento da reciclagem de nutrientes em função do maior volume de raízes absorvendo nutrientes e depositando os mesmos na superfície através da palhada; - a melhorias na agregação e na estruturação do solo; - a possíveis efeitos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na supressão de nematóides como o *Rotylenchulus reniformis* e podridões radiculares, entre outros efeitos.

A Figura 2.7 ilustra o aspecto visual da soja sobre a palhada de Milho safrinha, assim como da soja sobre palhada de Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em 29/02/08, no pleno enchimento de grãos. É possível observar que a soja cultivada sobre a palhada de milho safrinha solteiro antecipou o ciclo em relação ao ciclo normal da cultivar, prejudicando o enchimento de grãos.

A FUNDAÇÃO MS está trabalhando para mensurar as possíveis causas dos ganhos de produtividade neste sistema e detectar aquela que mais explica os resultados obtidos. Além disso, a FUNDAÇÃO MS vêm desenvolvendo diversas alternativas para a implantação

Soja após Milho Safrinha - 29/02/2008



Soja após Milho Safrinha + Brachiaria - 29/02/2008



Figura 2.7. Aspecto visual da soja, cv BRS 239, sobre a palhada de Milho safrinha e sobre palhada de Milho Safrinha + *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em 29/02/08, na fase final do enchimento de grãos. FUNDAÇÃO MS, 2008.

deste consórcio e selecionando as espécies que melhor se adaptam ao sistema. Estão sendo testados:  
- semeadura da *Brachiaria* a lanço;

#### 2.2.4. Nitrogênio e a inoculação

Os incrementos de produtividade de soja nos últimos anos aumentaram a demanda por nitrogênio (N). A cada 1.000 kg de soja produzida são necessários, aproximadamente, 80 kg de N (Campo & Hungria, 2000). Produtividades acima de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> têm sido obtidas tanto em trabalhos de pesquisa na FUNDAÇÃO MS quanto ao nível de produtor em Maracaju/MS e municípios vizinhos, mesmo sem a utilização de N mineral. Isto é resultado da alta capacidade da soja em obter o N que necessita pelo processo de fixação biológica do N<sub>2</sub> (FBN).

A inoculação das sementes de soja com bactérias do Gênero *Bradyrhizobium* visa introduzir estirpes de bactérias eficientes na FBN e aumentar a sua população em relação às estirpes existentes no solo e, deste modo, aumentar o número de nódulos, a eficiência de FBN e a quantidade de N fixado. Na Figura 2.8 estão ilustrados os nódulos de estirpes nativas (pouco eficientes na FBN) observados em área virgem sem inoculação e os nódulos de estirpes introduzidas via inoculante (altamente eficientes na FBN) em área virgem com inoculação.



Figura 2.8. Nódulos de estirpes nativas (à esquerda – pouco eficientes na FBN) em área virgem sem inoculação e nódulos de estirpes introduzidas via inoculante (à direita – altamente eficientes a FBN) em área virgem com inoculação. FUNDAÇÃO MS, 2008.

#### Áreas de abertura / áreas virgens / áreas sem cultivo anterior de soja

Em áreas de primeiro cultivo com soja (áreas virgens) ou de 1º ano a inoculação é indispensável e merece um cuidado especial. Nestas áreas tem se observado um incremento de até 20 sc ha<sup>-1</sup> quando a inoculação foi bem feita comparativamente à testemunha, sem inoculação, como pode ser observado na Figura 2.9, abaixo.

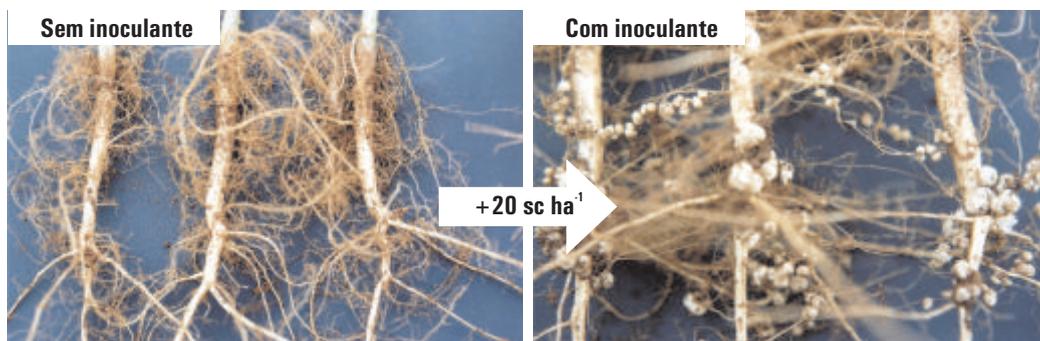


Figura 2.9. Sistema radicular da soja na ausência de inoculante (à esquerda - sem nódulos) e com inoculação bem feita (à direita - nodulação abundante) em área virgem, sem cultivo anterior de soja. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Quando se dispõe de sementes de boa qualidade fisiológica (vigor), de boa sanidade e for possível realizar a semeadura em condições ideais de umidade do solo para a rápida germinação, pode-se dispensar a utilização de fungicida no tratamento de sementes no intuito de favorecer a sobrevivência das bactérias do inoculante. Assim, com sementes de boa qualidade e semeadura realizada em condições ideais a probabilidade de ganho decorrente da maior sobrevivência das bactérias do inoculante sobrepõe as possíveis

conseqüências da ausência do fungicida na semente. Em áreas de primeiro cultivo deve-se dar preferência ao fornecimento de Mo e Co via foliar em V4, também com o objetivo de favorecer a sobrevivência das bactérias do inoculante. Trabalhos da FUNDAÇÃO MS têm apontado para a eficiência equivalente da aplicação de Mo e Co via foliar em V4, comparativamente ao fornecimento via sementes, desde que não se perca produto por precipitação pluviométrica logo após a aplicação.

Em áreas de primeiro cultivo de soja é importante utilizar 2 a 3 vezes a dose de inoculante normalmente recomendada para áreas com cultivo anterior de soja (áreas velhas). A FUNDAÇÃO MS tem obtido bons resultados nestas condições com a utilização de duas a três doses de inoculante turfoso ou duas doses de inoculante turfoso + duas doses de inoculante líquido via sementes.

Na Figura 2.10 pode-se observar o aspecto visual de uma lavoura de soja em área virgem (sem cultivo anterior de soja), com uma inoculação bem feita, prática que permite a obtenção de altas produtividades de soja já na primeira safra.



Figura 2.10. Aspecto visual de uma lavoura de soja em área virgem (sem cultivo anterior de soja), com uma inoculação bem feita. FUNDAÇÃO MS, 2008.

#### Áreas velhas / áreas com cultivo anterior de soja

Em áreas velhas (a partir da 3ª safra), os ganhos com a inoculação são menos expressivos do que os obtidos em áreas de primeiro ano. Nestas áreas, muitas vezes não se observa um incremento significativo na produtividade da soja, decorrente da reinoculação. Quando há incremento, o incremento é pequeno, normalmente de 1 a 3 sc ha<sup>-1</sup>. Esse incremento é tanto maior quanto maior for o potencial produtivo da soja, devido a maior demanda por N. A ocorrência de estiagem e altas temperaturas durante a fase reprodutiva têm limitado os potenciais produtivos da soja nas últimas 3 safras em vários municípios do estado do Mato Grosso do Sul. As frustrações de safra e as dificuldades financeiras dos produtores têm levado a não utilização de diversos insumos, inclusive inoculantes, embora a pesquisa recomende reinocular a cada ano. Assim, existe o risco de perda de produtividade de soja, o qual será tanto maior quanto melhores forem as condições ambientais para a expressão do potencial produtivo da soja. Deste modo, embora os ganhos com a inoculação sejam menos expressivos do que os obtidos em solos de primeiro ano, não se pode abrir mão da reinoculação a cada ano, principalmente em condições de bom potencial produtivo (acima de 60 sc ha<sup>-1</sup>).

### 2.2.5. Fósforo e a adubação fosfatada

O fósforo é considerado um dos nutrientes mais limitantes à produção agrícola em solos da Região do Cerrado, onde a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. A obtenção de desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, produtividades satisfatórias é altamente dependente da utilização de fertilizantes fosfatados, como pode ser visualizado na Figura 2.11.

#### Tomada de decisão

A tomada de decisão para a aplicação de fósforo deve ser baseada principalmente nos resultados de análise de solo e no histórico da área. É interessante ter em mãos o resultado de análise das últimas 3 safras para uma decisão segura. A avaliação da disponibilidade de fósforo para a soja e milho pode ser feita pelo teor de fósforo obtido pelo extrator Mehlich-1 e pelo extrator Resina.

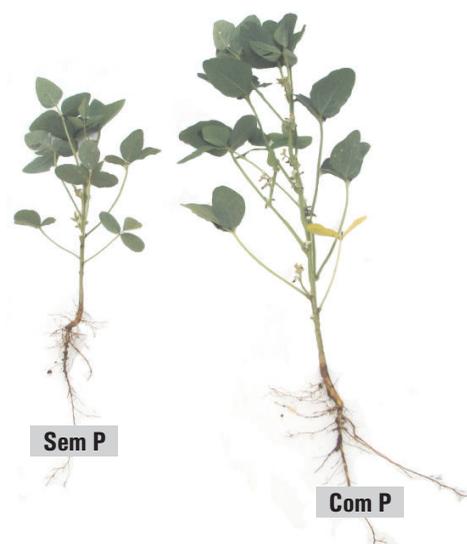


Figura 2.11. Desenvolvimento de plantas de soja (sistema radicular e parte aérea) no pleno florescimento, cv BRS Charrua RR, em solo argiloso com baixo teor de fósforo, sem o fornecimento de fósforo (à esquerda) e com o fornecimento de fósforo (à direita). FUNDAÇÃO MS, 2008.

### a) Teor de fósforo extraído por Mehlich-1

Para o extrator Mehlich-1 (Tabela 2.3) os teores considerados adequados para a camada de 0-20 cm estão na faixa entre 4,1 a 6,0, 8,1 a 12,0, 15,1 a 20,0 e 18,1 a 25,0 mg dm<sup>-3</sup> para os solos com teores de argila > 60%, 36 a 60%, 16 a 35% e < 15%, respectivamente (Sousa et al., 2004). Assim, a interpretação de fósforo por esse método considera necessariamente o teor de argila. Para cada classe de teores de argila, quando os teores de fósforo extraído por Mehlich-1 se encontrarem nestas faixas ou acima destas há uma menor probabilidade de resposta econômica da adubação.

Tabela 2.3. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Argila	Teor de P no solo (Mehlich-1)				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
--- % ---	----- mg.dm <sup>-3</sup> -----				
≤ 15	0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	> 25,0
16 a 35	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	> 20,0
36 a 60	0 a 3,0	3,1 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	> 12,0
> 60	0 a 2,0	2,1 a 3,0	3,1 a 4,1	4,1 a 6,0	> 6,0

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (1987a).

A FUNDAÇÃO MS vem desenvolvendo trabalhos de calibração a campo com o objetivo de definir os níveis de suficiência (ou níveis críticos) de fósforo extraído por Mehlich-1 para as condições onde se cultiva soja e milho no estado do Mato Grosso do Sul. Na Figura 2.12 está apresentado o rendimento potencial da soja em função dos teores de fósforo extraído por Mehlich-1. Este trabalho foi conduzido durante 4 safras consecutivas (safra 2000/01 a 2003/04) em Maracaju/MS, em solo argiloso (55% de argila) com baixos teores iniciais de fósforo (P-Mehlich-1 = 2,3 mg dm<sup>-3</sup>; P-Resina = 7,3 mg dm<sup>-3</sup>).

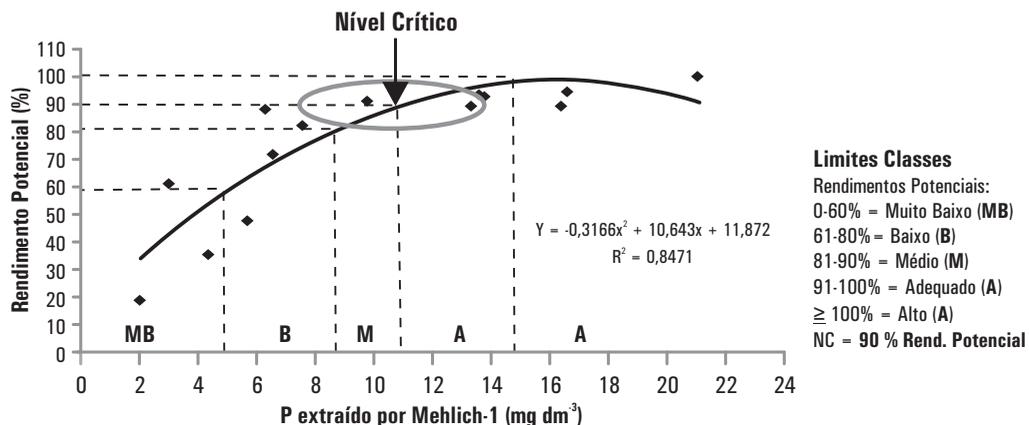


Figura 2.12. Rendimento potencial da soja, cv. CD 202, safras 2000-01 a 2003-04 em função dos teores de P extraído por Mehlich-1, em solo argiloso (55%) com teor inicial de fósforo muito baixo. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2.008.

Para o extrator Mehlich-1 observou-se que os teores considerados adequados para as condições do experimento (55% argila) estão na faixa entre 11,1 e 15,0 mg dm<sup>-3</sup>, que permitiram a obtenção de produtividades entre 90 e 100% do rendimento potencial, respectivamente. A produtividade média (4 safras) máxima obtida no experimento, ou seja, o valor 100% de rendimento potencial, foi de 65,5 sc ha<sup>-1</sup>. Acima do nível crítico deste solo (P-Mehlich > 11,0 mg dm<sup>-3</sup>) existe uma menor probabilidade de resposta econômica da adubação, embora exista resposta técnica, e a dose de fertilizante fosfatado a ser utilizada pode ser menor. Estes dados têm validade para outras regiões onde se cultiva soja no MS, principalmente para os solos argilosos (> 45% argila).

### b) Teor de fósforo extraído por Resina

Também existe a possibilidade de avaliar a disponibilidade de fósforo pelo teor obtido pelo extrator Resina. A interpretação por esse método é indispensável em áreas com histórico de utilização de fosfatos naturais ou outras fontes de fósforo parcialmente solúveis.

Segundo Sousa et. al. (2004), os teores de fósforo extraído por Resina em torno de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  permitem a obtenção de 90% do rendimento potencial na soja e milho cultivados em sistema de sequeiro. A interpretação do fósforo por esse método é mesma, independente do teor de argila do solo. Quando os teores de fósforo extraído por Resina se encontrarem em torno de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  ou acima deste, há uma menor probabilidade de resposta econômica da adubação.

A partir do trabalho conduzido na soja durante 4 safras consecutivas (safra 2000/01 a 2003/04) em Maracaju/MS, foi possível a definição nível de suficiência (ou nível crítico) para os teores de fósforo extraído pela Resina. Na Figura 2.13 está apresentado o rendimento potencial da soja em função dos teores de fósforo extraído por resina.

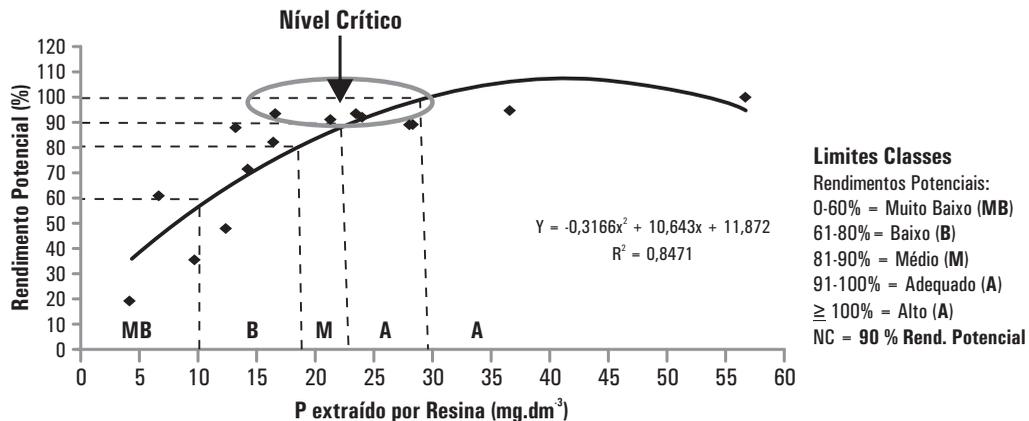


Figura 2.13. Rendimento potencial da soja, cv. CD 202, safras 2000-01 a 2003-04 em função dos teores de P extraído por resina, em solo argiloso (55% argila) com teor inicial de fósforo muito baixo. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Para o extrator Resina os teores considerados adequados para as condições do experimento (55% argila) estão na faixa entre  $23,1$  e  $30 \text{ mg dm}^{-3}$ . Quando os teores se encontraram nesta faixa já foi possível a obtenção de 90 a 100% do rendimento potencial, respectivamente. A produtividade média (4 safras) máxima obtida no experimento, ou seja, o valor 100% de rendimento potencial, foi de  $65,5 \text{ sc ha}^{-1}$ . Acima do nível crítico ( $P\text{-Resina} > 23,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ) existe uma menor probabilidade de resposta econômica da adubação, embora exista resposta técnica, e a dose de fertilizante fosfatado a ser utilizada pode ser menor. Estes dados concordam com os dados de Sousa et. al. (2004), e têm validade para outras regiões onde se cultiva soja no MS, pois, a capacidade de extração da resina é pouco afetada pela textura do solo e, os dados concordam com observações em propriedades acompanhadas pela FUNDAÇÃO MS.

Na Tabela 2.4, está apresentada a interpretação dos teores de fósforo extraído por Mehlich-1 (para solos com teor de argila  $> 45\%$ ) e Resina para a soja cultivada em sistema plantio direto no estado do Mato Grosso do Sul, com base em dados da FUNDAÇÃO MS.

Tabela 2.4. Interpretação da análise de solo para P extraído por Mehlich-1 e Resina Trocadora de Íons para recomendação de adubação fosfatada. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Extrator	Teor de P no solo (Resina)				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
	----- $\text{mg.dm}^{-3}$ -----				
Mehlich-1 ( $> 45\%$ argila) <sup>1</sup>	0 a 5,0	5,1 a 9,0	9,1 a 11,0	11,1 a 15,0	$> 15,0$
Resina	0 a 10,0	10,1 a 19,0	19,1 a 23,0	23,1 a 30,0	$> 30,0$

<sup>1</sup> Níveis de interpretação válidos para solos argilosos, com teores de argila  $> 45\%$ . Em solos com teores de argila  $< 45\%$  utilizar tabela adaptada de Sousa et al. (1987a), anterior.

### Definição da dose

Com relação à resposta da soja às doses de  $P_2O_5$  no trabalho conduzido em solo argiloso (55% argila), em Maracaju/MS (Figura 2.13), safra 2000-01 a 2003-04, percebe-se que houve incrementos de produtividade até as maiores doses de fósforo utilizadas na correção (fosfatagem -  $P_2O_5$  incorporado a 20 cm) e no sulco de semeadura (manutenção). Isto está relacionado aos baixos teores iniciais de fósforo na área deste experimento ( $P\text{-Mehlich-1} = 2,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $P\text{-Resina} = 7,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Considerando uma meta de produtividade de 90%

do rendimento potencial, ou 60 sc ha<sup>-1</sup> em média, percebe-se foi possível atingir esta média durante as 4 safras de condução do experimento de maneiras diferentes, dentre elas:

a) Correção do solo com 200 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado a lanço e incorporado a 20 cm de profundidade + em torno de 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco a cada safra. Esta foi a opção que possibilitou os maiores potenciais de produtividade já no primeiro ano de cultivo e que se mostrou indispensável quando a meta for superior a 60 sc.ha<sup>-1</sup>. Espera-se atingir o nível de suficiência (nível crítico) na primeira ou segunda safra. Porém, esta opção exige alto investimento inicial e, em caso de restrição financeira pode se optar por uma correção gradual;

b) Correção do solo com 100 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado a lanço e incorporado a 20 cm de profundidade + em torno de 90 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco a cada safra. Esta opção possibilitou bons potenciais de produtividade a partir do primeiro ano de cultivo. No entanto, para se atingir a meta de produtividade de 60 sc ha<sup>-1</sup> foi necessário um aumento da dose de fósforo no sulco de semeadura;

c) Ausência de correção + em torno de 120-130 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco a cada safra. Os potenciais produtivos nas primeiras duas a três safras foram um pouco inferiores comparativamente aos observados nos tratamentos com alguma correção prévia (opção a e b). Esta opção pode ser adotada quando não há recursos para a realização da correção com fósforo. Espera-se atingir o nível de suficiência (nível crítico) em um período de aproximadamente 5 anos. Para atingir-se a meta de produtividade de 60 sc ha<sup>-1</sup> foi necessário um aumento da dose de fósforo no sulco de semeadura. Analisando-se a Figura 2.13 percebe-se que esta opção não se mostrou adequada quando a meta de produtividade média é superior a 60 sc ha<sup>-1</sup>.

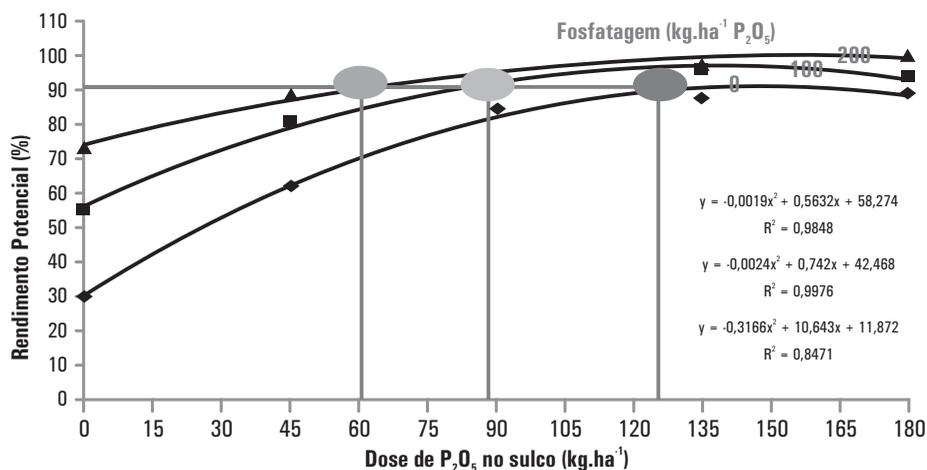


Figura 2.13. Rendimento potencial da soja, cv. CD 202, safras 2000-01 a 2003-04 em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e do modo de aplicação do fertilizante fosfatado. Maracaju/MS (55% argila). FUNDAÇÃO MS, 2007.

A dose de fósforo a aplicar é determinada pelos níveis de fósforo na análise de solo:

- Nível muito baixo, baixo ou médio de P extraído por Mehlich-1 ou Resina: indica a necessidade de correção (no intuito de se atingir os níveis de suficiência) + adubação de manutenção. Para adubação de correção com fósforo, que pode ser corretiva total ou gradual (durante 5 anos), podem ser utilizadas as doses que constam na Tabela 2.5, abaixo. A adubação de manutenção pode variar entre 45 e 60 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em solos sob plantio direto bem conduzido, com rotação de culturas e manutenção de cobertura vegetal durante o ano todo.

Tabela 2.5. Indicação de adubação fosfatada corretiva (a lanço) e adubação fosfatada corretiva gradual (no sulco de semeadura em 5 anos), de acordo com a classe de disponibilidade de P e o teor de argila. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Teor de argila (%)	Adubação fosfatada (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> )					
	Corretiva Total			Corretiva Gradual		
	P Muito Baixo	P Baixo	P Médio	P Muito Baixo	P Baixo	P Médio
≤ 15	60	30	15	70	65	63
16 a 35	100	50	25	80	70	65
36 a 60	200	100	50	100	80	70
> 60	280	140	70	120	90	75

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2004).

- Nível adequado ou alto de P extraído por Mehlich-1 ou Resina: não há a necessidade de correção com fósforo e pode se fazer uso de adubação de manutenção de 45 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em solos sob plantio direto bem conduzido, com rotação de culturas e manutenção de cobertura vegetal durante o ano todo.

A dose de manutenção em torno de 45 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se mostrou eficiente em assegurar produtividades de soja acima de 60 sc ha<sup>-1</sup> (acima de 90% do rendimento potencial) durante 4 safras consecutivas em Maracaju/MS, em trabalho conduzido durante o período entre 1998/99 a 2001/02 (Figura 2.14), em solo argiloso (55% argila) sob plantio direto bem conduzido, cujos teores iniciais encontravam-se em níveis adequados (P - Mehlich-1 = 8,5 mg dm<sup>-3</sup> e P - Resina = 21,0 mg dm<sup>-3</sup>). Assim, em solos sob plantio direto bem conduzido com teores adequados de fósforo no solo, ou teores acima destes, é possível otimizar o recurso destinado à adubação fosfatada. Para uma decisão segura é importante conhecer os teores de fósforo em análises dos últimos três anos e, é fundamental que as amostras enviadas ao laboratório realmente representem o estado de fertilidade da área amostrada.

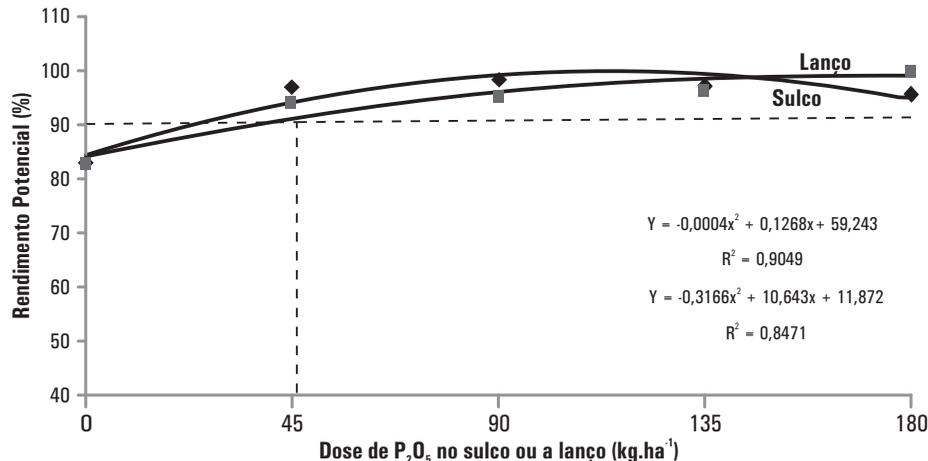


Figura 2.14. Rendimento potencial médio da soja, safras 1998-99 a 2001-02, em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura ou a lanço em superfície, para manutenção, em solo argiloso (55% argila), cujos teores iniciais de fósforo encontravam-se em níveis adequados. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

### Modo de aplicação

O modo de aplicação do fertilizante fosfatado depende dos níveis de fósforo na análise do solo. Quando os teores de fósforo por Mehlich-1 e Resina se apresentarem em níveis:

- muito baixo, baixo ou médio: há a necessidade de correção com fósforo. Para a correção total o fertilizante fosfatado de correção pode ser aplicado a lanço e incorporado. Para a correção gradual pode-se aplicar o fertilizante fosfatado de correção no sulco de semeadura em doses até a faixa de 120 - 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de acordo com a necessidade indicada pela análise;

- adequado ou alto: não há a necessidade de correção com fósforo e pode se fazer uso de adubação de manutenção de 45 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de semeadura ou lanço em superfície antes da semeadura, desde que o plantio direto esteja sendo bem conduzido com rotação de culturas, palhada e culturas cobrindo o solo durante o ano todo. Caso o manejo do solo não esteja adequado é necessário aumentar a dose de fósforo de manutenção em no mínimo 25%.

Ainda com base nos resultados do trabalho conduzido pela FUNDAÇÃO MS durante 4 safras consecutivas no período entre 1998/99 a 2001/02 (Figura 2.14), em solo argiloso (55% argila) foi possível verificar que quando os teores de fósforo extraído por Mehlich-1 e Resina se encontram em níveis adequados, tem-se uma maior flexibilidade com relação ao modo de aplicação do fertilizante fosfatado e existe a possibilidade de realizar toda a adubação de manutenção a lanço em superfície, sem comprometimento do potencial produtivo da soja. A alternativa de adubação de manutenção com fósforo a lanço em sua totalidade não pode ser expandida para solos com teores médios ou baixos de fósforo pois, nesta condição, trabalhos da FUNDAÇÃO MS já comprovaram que existe perda de produtividade.

### Fonte de fósforo

Trabalhos de pesquisa conduzidos pela FUNDAÇÃO MS até o momento, em sistema plantio direto bem conduzido apontam para um desempenho superior das fontes de fósforo de alta solubilidade (MAP, MAP Sulfurado, DAP, SPS, SPT) e das formulações elaboradas a partir destas fontes em comparação com as fontes parcialmente solúveis ou pouco solúveis e suas respectivas formulações.

Durante as safras 2004/05, 2005/06 e 2006/07 a FUNDAÇÃO MS conduziu experimento de longa duração, em solo argiloso (55% argila), com baixos teores iniciais de fósforo e enxofre, no intuito de comparar diferentes formulações comerciais existentes no mercado (Tabela 2.6) quanto ao fornecimento de fósforo, enxofre e demais nutrientes e quanto à produtividade da soja.

Tabela 2.6. Descrição das formulações contendo a composição química conforme rótulo da embalagem. FUNDAÇÃO MS, 2.008.

Trat.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	Zn	B	Cu	Mn	Mo	Si
----- % -----												
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	03	20	10	-	-	8	0,3	0,3	0,15	0,3	-	-
3	02	20	10	9	-	7	0,3	0,15	0,15	0,3	-	-
4	02	20	15	8,7	2,0	5,0	0,3	0,2	0,2	0,3	-	-
5	00	16	00	16	6	6	0,55	0,10	0,05	0,15	-	9
6	02	24	12	10	-	5,0	0,3	0,05	0,08	0,15	-	-
7	02	26/18	18	-	-	-	0,3	0,2	-	-	-	-
8	02	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	02	24	12	10	-	5	0,4	0,15	0,3	0,5	-	-
10	02	30	15	8,0	-	1,5	0,25	0,09	0,18	0,31	-	-

Corrigiu-se a acidez superficial (0-20 cm) com aplicação de calcário. Em todos os tratamentos, com exceção da testemunha (sem adubo), o fósforo e o potássio foram fornecidos pela aplicação de diferentes formulações de fertilizantes no sulco de plantio, associado à aplicação de KCl em cobertura (quando necessário), para totalizar 90 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (Tabela 2.7). As quantidades fornecidas dos demais nutrientes variaram em função da composição e concentração das fórmulas.

Tabela 2.7. Descrição dos tratamentos contendo produto e dose ha<sup>-1</sup>. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Trat.	Sulco de plantio		Cobertura		Total aplicado		
	Fórmula	Dose	KCl		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		--- kg.ha <sup>-1</sup> ---	--- kg.ha <sup>-1</sup> ---				
1	Testemunha (sem adubo)	0,0	0,0	00	00	00	00
2	03-20-10 + micro	450	75	13	90	90	90
3	02-20-10 + micro	450	75	09	90	90	90
4	02-20-15 + micro	450	38	09	90	90	90
5	00-16-00 + micro	563	150	00	90	90	90
6	02-24-12 + micro	375	75	07	90	90	90
7	02-26/18-18 + micro	346	47	07	90	90	90
8	02-20-20	450	0	00	90	90	90
9	02-24-12 + micro	375	75	07	90	90	90
10	02-30-15 + micro	300	75	07	90	90	90

Na safra 2004/05 os potenciais produtivos foram baixos, em função da estiagem e déficit hídrico, que atingiu a região. Apesar disto, houve uma resposta intensa à adubação (Tabela 2.8), cujos ganhos de produtividade variaram em função das formulações utilizadas e ficaram entre 5,9 e 22,9 sc ha<sup>-1</sup>. Os maiores ganhos de produtividade em relação à testemunha foram obtidos com formulações elaboradas a partir de fontes de fósforo solúvel como, por exemplo, no tratamento 2, 9, 4, 3, 8, 6 e 10. As formulações utilizadas nos tratamentos 5 e 7 não apresentaram um desempenho satisfatório, com ganhos de produtividade menos expressivos em relação à testemunha. Este fato pode estar relacionado a menor solubilidade do fósforo contido nestas formulas, fato que foi evidenciado pelos menores teores foliares de fósforo nestes tratamentos.

Nas safras 2005/06 e 2006/07 (Tabela 2.8), em que as condições climáticas (precipitação) foram favoráveis, as tendências de desempenho se mantiveram. As formulações dos tratamentos 2, 9, 4, 3, 8, 6 e 10 não diferiram entre si, mas, foram estatisticamente superiores às formulações utilizadas nos tratamentos 5, 7 e à testemunha (sem adubo). Apesar de não diferirem estatisticamente entre si, as formulações com P solúvel mais concentradas em enxofre apresentaram uma tendência de superioridade em relação àquelas com menor concentração deste nutriente, fato que pode estar relacionado aos baixos teores iniciais de enxofre da área e ao fornecimento deste nutriente exclusivamente via fórmula de plantio. Os resultados dos tratamentos 5 e 7 não diferiram entre si, sendo superiores apenas à testemunha.

Na média das 3 safras (Tabela 2.8), as tendências observadas em cada safra se mantiveram e comprovou-se a superioridade das formulações com fósforo altamente solúvel. Além disso, confirmou-se a importância da concentração de enxofre nas formulações solúveis, cujos desempenhos tenderam a ser superiores quanto maior a concentração de S.

Tabela 2.8. Produtividade média da soja ( $sc\ ha^{-1}$ ) nas safras 2004/05, 2005/06 e 2006/07, em solo argiloso (55% argila) com baixos teores iniciais de fósforo e enxofre, em resposta a diferentes formulações de fertilizantes. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Trat.	Fórmula	Produtividade				Ganho	
		2004/05 BRS 133	2005/06 BRS 214	2006/07 Embrapa 48	Média	$sc\ ha^{-1}$	%
..... $sc\ ha^{-1}$ .....							
2	03-20-10 + micro	35,8 a <sup>1</sup>	59,7 a <sup>1</sup>	66,8 a	54,1 a <sup>1</sup>	35,3	187,8
9	02-24-12 + micro	32,2 abc	59,5 a	66,2 a	52,6 a	33,8	179,8
4	02-20-15 + micro	34,1 ab	57,6 a	65,6 a	52,4 a	33,6	178,7
3	02-20-10 + micro	33,3 ab	56,4 a	64,1 a	51,3 a	32,5	172,9
8	02-20-20	32,4 abc	55,2 a	61,5 a	49,7 a	30,9	164,4
6	02-24-12 + micro	29,7 abc	54,2 a	64,6 a	49,5 a	30,7	163,3
10	02-30-15 + micro	27,8 bc	54,4 a	62,8 a	48,3 a	29,5	156,9
5	00-16-00 + micro	26,0 c	45,2 b	53,4 b	41,5 b	22,7	120,7
7	02-26/18-18 + micro	18,8 d	42,5 b	47,3 b	36,2 b	17,4	92,6
1	Sem adubo	12,9 d	20,1 c	23,3 c	18,8 c	-	-
MÉDIA ( $sc\ ha^{-1}$ )		28,3	50,5	57,6	45,4		
CV (%)		15,1	8,7	9,1			

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Deste modo, mesmo com custo/tonelada "geralmente" superior das fontes solúveis, a alta concentração de fósforo solúvel nestas matérias-primas e formulações permite uma melhor relação custo/benefício, e deve-se dar preferência para estas opções.

## 2.2.6. Potássio e a adubação potássica

O potássio (K) é o segundo elemento mais absorvido pelas plantas e a sua reserva mineral nos solos do MS, assim como nos demais estados da Região Central do Brasil, é pequena, insuficiente para suprir as quantidades extraídas em cultivos sucessivos, sendo freqüente a ocorrência de deficiência visual (Figura 2.15).



Figura 2.15. Aspecto visual das folhas (trifólios) da soja sem potássio (à esquerda, com deficiência visual) e com potássio (à direita, normais) na adubação em área com baixos teores disponíveis deste nutriente. FUNDAÇÃO MS, 2008.

### Tomada de decisão

A tomada de decisão para a aplicação de potássio deve ser baseada principalmente nos resultados de análise de solo e no histórico da área. É interessante ter em mãos o resultado de análise das últimas 3 safras para uma decisão segura. A avaliação da disponibilidade de K para a soja e milho pode ser feita pelo teor de K obtido pelo extrator Mehlich-1 (Tabela 2.9). Os teores de potássio considerados adequados dependem do teor de argila da área. Para cada classe de teores de argila, quando os teores de K extraído por Mehlich-1 se encontrarem a partir do limite superior da classe de teores médios (0,12, 0,20, 0,25, 0,35 e 0,45  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) existe uma menor probabilidade de resposta à adubação potássica.

Tabela 2.9. Interpretação da análise de solo para K extraído pelo método Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação potássica. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Argila ---- % ----	Teor de K no solo (Mehlich-1) ..... $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .....			% K na CTC ideal
	Baixo	Médio	Alto	
≤ 15	< 0,07	0,08 a 0,12	> 0,12	4 %
16 a 30	< 0,13	0,14 a 0,20	> 0,20	4 %
31 a 45	< 0,17	0,18 a 0,25	> 0,25	4 %
46 a 60	< 0,20	0,25 a 0,35	> 0,35	4 %
> 60	< 0,27	0,28 a 0,45	> 0,45	4 %

Fonte: Broch & Ranno (2008).

OBS: Tabela de interpretação baseada na experiência da FUNDAÇÃO MS em acompanhamento de propriedades rurais no MS e estudos de calibração a campo em andamento.

### Definição da dose

A dose de potássio a aplicar é determinada pelos níveis de potássio na análise de solo e pode seguir as indicações da Tabela 2.10, abaixo:

Tabela 2.10. Indicação de adubação potássica corretiva e adubação potássica de manutenção, de acordo com a classe de disponibilidade de K. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Níveis de K	Adubação potássica			
	Adubação corretiva		Adubação de manutenção	
	Solos argilosos > 30% argila	Solos arenosos < 30% argila	Milho	Soja
	..... $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ .....			
Baixo	150	80	10 $\text{kg K}_2\text{O}$ para cada tonelada de grãos a ser produzida	20 $\text{kg K}_2\text{O}$ para cada tonelada de grãos a ser produzida
Médio	75	50		
Alto	0	0		

<sup>1</sup> Solos Argilosos = Teor de argila > 30%; Solos Arenosos = Teor de argila < 30%.

Fonte: Broch & Ranno (2008).

### Modo de aplicação

O modo de aplicação do fertilizante potássico depende dos níveis de K na análise. Quando a análise indicar níveis médios a baixos há a necessidade de correção e o modo de aplicação do potássio de correção pode ser definido da seguinte forma:

- Em áreas de abertura: aplicar a lança e incorporar com a última grade niveladora até 8-10 cm juntamente com a fosfatagem, se a análise do solo indicar essa necessidade.

- Nas áreas em cultivo sob plantio direto: aplicar a lança ou, preferencialmente, aplicar com semeadora no espaçamento de 17 a 20 cm e profundidade de 2-3 cm.

Quando a análise indicar teores altos de K, não há a necessidade de correção e faz-se apenas adubação de manutenção com doses que correspondem a 10  $\text{kg de K}_2\text{O}$  para cada tonelada de grãos de milho e 20  $\text{kg de K}_2\text{O}$  para cada tonelada de grãos de soja a ser produzida por hectare. O fertilizante potássico de manutenção pode ser aplicado antes da semeadura a lança, antes da semeadura com semeadora no espaçamento de 17 a 20 cm e profundidade de 2-3 cm ou no sulco de semeadura, desde que se afaste o fertilizante a uma distância mínima de 8 a 10 cm das sementes. Por segurança, pode-se trabalhar com até 60-70  $\text{kg ha}^{-1} \text{K}_2\text{O}$  no sulco de semeadura, mantendo-se o cuidado de afastar o fertilizante potássico no mínimo 8 a 10 cm das sementes. As quantidades recomendadas que excederem estes limites podem ser aplicadas a lança, previamente ao plantio.

### 2.2.7. Adubação com enxofre (S)

O enxofre (S) é um elemento essencial às plantas. Os solos do Mato Grosso do Sul, assim como os solos de outros estados da Região Central do Brasil são naturalmente deficientes em S, sendo freqüente a deficiência visual deste nutriente, que pode ser visualizada tanto em pastagens degradadas (Figura 2.16), como nas culturas anuais como a soja (Figura 2.17). A dinâmica deste elemento está bastante relacionada com a dinâmica da matéria orgânica e, desta forma, a manutenção de teores adequados de matéria orgânica pode auxiliar no suprimento gradual de S às plantas, através da sua mineralização. No entanto, o uso do solo de forma inadequada, em sistema de plantio convencional ou em sistema plantio direto com pouca palha, resulta em diminuições no teor de matéria orgânica o que, associado ao uso de fertilizantes concentrados sem a presença ou com baixas proporções de S e associado às exportações deste elemento pelas colheitas, vão reduzindo gradativamente a sua disponibilidade. Neste contexto, os solos tornam-se ainda mais deficientes neste elemento e aumenta-se a probabilidade de resposta das culturas agrícolas à adubação com S na região.

#### Tomada de decisão

Para determinar a necessidade de enxofre deve-se fazer a análise de solo em duas profundidades, 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, devido à mobilidade deste nutriente no solo e o seu acúmulo na camada de 20 a 40 cm.

#### Definição da dose

A Tabela 2.11 apresenta as quantidades de S recomendadas para a soja e milho de acordo com a classe de teores no solo pelo extrator fosfato monocalcico,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  0,01 M  $\text{L}^{-1}$ . Nos solos argilosos (> 40% argila), os níveis críticos são de 10  $\text{mg dm}^{-3}$  para a camada de 0 a 20 cm e 35  $\text{mg dm}^{-3}$  para a camada de 20 a 40 cm. Já em solos arenosos, os níveis críticos são de 3  $\text{mg dm}^{-3}$  para a camada de 0 a 20 cm e 9  $\text{mg dm}^{-3}$  para a camada de 20 a 40 cm (Sfredo et al., 2003). Acima destes teores há uma menor resposta à adubação com S e utiliza-se apenas a adubação de manutenção, que corresponde a 10 kg S para cada tonelada de grãos de soja e 5 kg S para cada tonelada de grãos de milho a ser produzida.



Figura 2.16. Aspecto visual de uma pastagem degradada deficiente em enxofre, em solo argiloso com baixos teores de enxofre disponível. FUNDAÇÃO MS, 2008.



Figura 2.17. Aspecto visual da soja semeada com fórmula de plantio rica em enxofre (à esquerda, plantas normais) e pobre em enxofre (à direita, plantas deficientes) em solo argiloso com baixos teores iniciais deste nutriente. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Tabela 2.11. Interpretação dos teores de enxofre no solo conforme as faixas de teores de S no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) a duas profundidades no perfil do solo, para a cultura da soja. FUNDAÇÃO MS, 2.008.

Faixas para Interpretação		Solos Argilosos (> 40% de argila)		Solos Arenosos (< 40% de argila)		Quantidade de S a aplicar ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
0 a 20 cm	20 a 40 cm	0 a 20 cm	20 a 40 cm	0 a 20 cm	20 a 40 cm	
Baixo	Baixo	< 5	< 20	< 2	< 6	80 + M <sup>1</sup>
Baixo	Médio	< 5	20 a 35	< 2	6 a 9	60 + M
Baixo	Alto	< 5	> 35	< 2	> 9	40 + M
Médio	Baixo	5 a 10	< 20	2 a 3	< 6	60 + M
Médio	Médio	5 a 10	20 a 35	2 a 3	6 a 9	40 + M
Médio	Alto	5 a 10	> 35	2 a 3	> 9	M
Alto	Baixo	> 10	< 20	> 3	< 6	40 + M
Alto	Médio	> 10	20 a 35	> 3	6 a 9	M
Alto	Alto	> 10	> 35	> 3	> 9	M

Extrator: Fosfato monocalcário  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  0,01 M L<sup>-1</sup>; Determinação – Turbidimétrica.

<sup>1</sup>M – Manutenção: - 10 kg de S para cada tonelada de grãos de soja esperada.

- 5 kg de S para cada tonelada de grãos de milho esperada.

Adaptado de Sfredo et al. (2003).

### Fontes e modo de aplicação

Com relação às fontes de S existem diversas opções como, por exemplo, o gesso agrícola (15 a 18% de S), o superfosfato simples (10 a 12% S), o enxofre elementar pó (95 a 98% S), o enxofre elementar granulado (70% S), o enxofre elementar peletizado (90% S) e, a utilização de formulações de fertilizantes contendo S. Todas estas opções são eficientes com relação à capacidade de suprimento de S às plantas.

O modo de aplicação vai depender da fonte escolhida. Pode ser a lâncô em superfície ou a lâncô seguida de incorporação com grade niveladora (nas áreas de abertura) para todas as opções acima. No caso do enxofre elementar granulado, do enxofre elementar peletizado e do superfosfato simples a aplicação também pode ser no sulco previamente à semeadura (com semeadora TD/SHM no espaçamento de 17 a 20 cm e profundidade de 2-3 cm) ou no sulco de semeadura no momento da semeadura da soja (com a semeadora da soja no espaçamento de 40 a 50 cm e profundidade de 8-12 cm) em mistura com o fertilizante de plantio. É interessante lembrar que há uma dificuldade imensa na aplicação do enxofre elementar pó, que praticamente inviabiliza sua utilização. Em função disto, deve-se dar preferência para a sua forma granulada ou peletizada.

Em solos com baixos teores de enxofre há a necessidade de aplicação de altas doses de enxofre, que chegam a ultrapassar os 100  $\text{kg ha}^{-1}$ , como foi visto na Tabela 2.11. Estas quantidades não são possíveis de serem atingidas apenas via adubação de plantio, em função das baixas concentrações de S nas fórmulas convencionalmente utilizadas. Em solos pobres em enxofre faz-se necessária a correção prévia da deficiência deste nutriente com fontes concentradas como o gesso agrícola, o superfosfato simples, o enxofre elementar pó, granulado ou peletizado.

Este fato foi comprovado em trabalho realizado pela FUNDAÇÃO MS na safra 1998/99, em solo argiloso com baixo teor inicial de enxofre (Tabela 2.12), em que se observou respostas técnicas à correção prévia da deficiência de enxofre com a aplicação de gesso

Tabela 2.12. Produtividade da soja ( $\text{sc ha}^{-1}$ ) cv. FT-20, safra 1998/99, em resposta ao uso de formulações com diferentes concentrações de enxofre sem e com a utilização de gesso agrícola previamente ao plantio, em solo argiloso com baixo teor inicial de enxofre. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Adubação <sup>1</sup>		Gesso ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		Média
Dose	Fórmula <sup>2</sup>	0	300	
		----- $\text{sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ -----		
500	00-16-16 + S: 7,0% <sup>1</sup>	53,0	55,5	54,3
400	02-20-20 + S: 4,0% <sup>2</sup>	49,7	52,7	51,2
160	10-52-00 + S: 0,0% <sup>3</sup>	33,1	53,5	43,3
<b>Média</b>		<b>45,3</b>	<b>53,9</b>	

<sup>1</sup>Adubação: aplicou-se 80  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  e 80  $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$  via sulco de plantio + KCl cobertura (quando necessário).

<sup>2</sup>Fórmula: - 500  $\text{kg ha}^{-1}$  00-16-16 + Ca:10%; Mg:2,5%; S:7%; Zn:0,75%; B:0,2%; Cu:0,25% e Mn:0,3%(FOSMAG 530 M6) no sulco de plantio.

- 400  $\text{kg ha}^{-1}$  02-20-20 + Ca:9%; S: 4%; Zn:0,3%; B:0,15%; Cu:0,2% e Mn:0,2% no sulco de plantio.

- 160  $\text{kg ha}^{-1}$  10-52-00 (MAP) no sulco de plantio + 133  $\text{kg ha}^{-1}$  Cloreto de potasio (KCl) em cobertura.

agrícola, mesmo com a utilização de fórmula “rica” em enxofre como o 00-16-16 + S: 7,0% (Fosmag 530 M6) no sulco de plantio, com ganho de 2,5 sc ha<sup>-1</sup>. A resposta a correção prévia da deficiência de enxofre com a aplicação de gesso agrícola foi tanto maior quanto menor o teor de enxofre na fórmula de plantio, com ganhos de 3 sc ha<sup>-1</sup> quando se utilizou a fórmula 02-20-20 + S: 4,0% (médio teor de enxofre), e de 20,4 sc ha<sup>-1</sup>, no tratamento em que se utilizou MAP no sulco + KCl a lanço (0% S), comprovando a carência em S deste solo.

Quando não se realizou a correção prévia da deficiência de enxofre com o gesso agrícola, apresentou melhor desempenho a fórmula mais concentrada em enxofre, o 00-16-16 + S: 7,0% (Fosmag 530 M6), que proporcionou um incremento de 19,9 sc ha<sup>-1</sup> em relação ao MAP no sulco + KCl a lanço (0% S). Já o 02-20-20 + S: 4,0% (médio teor de enxofre), apresentou desempenho intermediário e proporcionou um incremento de 16,6 sc ha<sup>-1</sup> em relação ao MAP no sulco + KCl a lanço (0% S).

Nas situações de cultivo da soja em solos pobres em enxofre e que não há a possibilidade de correção prévia da deficiência com fontes concentradas como o gesso agrícola, o superfosfato simples, o enxofre elementar pó, o enxofre elementar peletizado ou o enxofre elementar granulado, deve-se dar preferência a fórmulas de plantio “ricas” ou mais concentradas em S, sob pena de perdas expressivas na produtividade da soja pela deficiência deste nutriente, como pode ser visualizado na Figura 2.18.

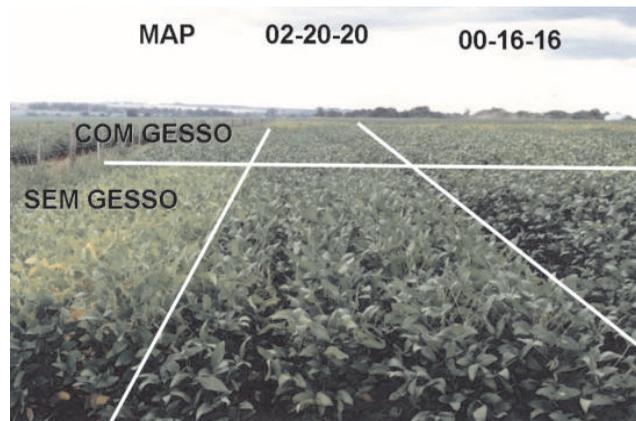


Figura 2.18. Aspecto visual do experimento em faixas com uso de formulações com diferentes concentrações de enxofre sem e com a utilização de gesso agrícola, em solo argiloso com baixo teor inicial de enxofre. Maracaju/MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

## 2.2.8. Adubação com micronutrientes

### 2.2.8.1. Molibdênio (Mo) e Cobalto (Co)

O molibdênio (Mo) é um elemento essencial às plantas e faz parte do grupo de elementos envolvidos em reações redox (Taiz & Zeiger, 2002). Os íons molibdênio (Mo<sup>+4</sup> até Mo<sup>+6</sup>) são componentes de várias enzimas, incluindo a nitrato redutase e a nitrogenase, responsáveis, respectivamente, por catalisar a conversão de nitrato a nitrito durante a assimilação pelas células vegetais e converter N<sub>2</sub> a amônia em microrganismos fixadores de nitrogênio. Na soja, sua principal atuação está no processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). A falta de Mo ocasiona menor síntese da enzima nitrogenase, com redução da FBN e, em consequência, redução na produtividade (Vidor & Peres, 1988). Na Figura 2.19 está ilustrada a deficiência de molibdênio na soja, em solo com baixos teores iniciais deste nutriente.

Já o cobalto (Co), apesar de não se apresentar como elemento essencial às plantas, é um elemento essencial aos microrganismos fixadores de N<sub>2</sub>. O Co faz parte da enzima cobalamina (vitamina B12 e seus derivados), um componente de várias enzimas em microrganismos fixadores de N<sub>2</sub>.

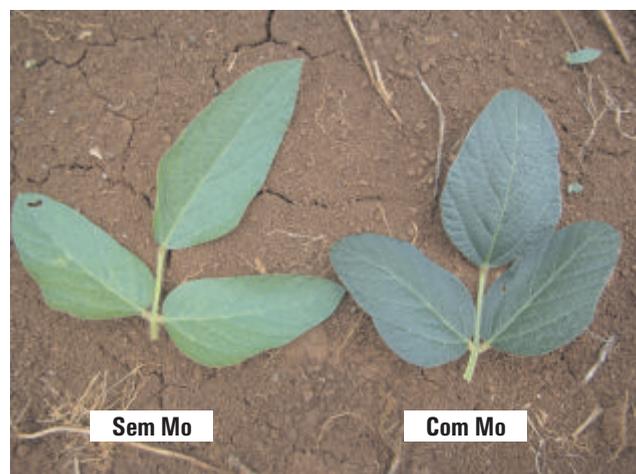


Figura 2.19. Aspecto visual das folhas (trifólios) da soja sem molibdênio (à esquerda, deficiência visual) e com molibdênio (à direita, normais) via sementes em área com baixos teores disponíveis deste nutriente. FUNDAÇÃO MS, 2008.

### Tomada de decisão

Trabalhos de pesquisa com Mo e Co conduzidos na FUNDAÇÃO MS nos últimos 13 anos apontam para um incremento significativo na produtividade da soja com a utilização destes nutrientes. Em média, a utilização de Mo e Co tem proporcionado um incremento de 4,5 sc ha<sup>-1</sup> na produtividade da soja. Em algumas situações, na abertura de áreas cujos solos são pobres em Mo, tem-se observado respostas superiores a 20 sc ha<sup>-1</sup>. A Figura 2.20 abaixo ilustra os sintomas de deficiência de Mo observados:



Figura 2.20. Aspecto visual das plantas da soja sem molibdênio (à esquerda, com deficiência visual) e com molibdênio (à direita, normais) via foliar em V4 em área com baixos teores disponíveis deste nutriente. FUNDAÇÃO MS, 2008.

### Definição da dose

Embora a eficiência da FBN exija pequenas quantidades de Mo e Co, a utilização destes micronutrientes é indispensável, pois a maioria dos solos onde se cultiva soja não supre adequadamente esta demanda.

Na cultura da soja indica-se a aplicação de 2 a 3 g de Co e 20 a 30 g de Mo ha<sup>-1</sup> via sementes ou em pulverização foliar entre os estádios V3 a V5.

É interessante que não se aplique doses superiores a 3 g ha<sup>-1</sup> de Co via sementes sob risco de ocorrência de deficiência de ferro, induzida pelo excesso de Co na emergência da soja, como pode ser visto na Figura 2.21. Quando a mistura da fonte de Co às sementes é mal feita, mesmo nas doses recomendadas, entre 2 e 3 g ha<sup>-1</sup> de Co via sementes, pode haver deficiência de ferro pelo excesso de Co. Percebe-se que além de aplicar o produto nas doses recomendadas, é fundamental misturá-lo uniformemente às sementes.

### Modo de aplicação

A FUNDAÇÃO MS tem observado eficiência equivalente para aplicação de Mo e Co via sementes ou via foliar no estágio fenológico V4, desde que não se perca produto por precipitação pluviométrica logo após a aplicação. Assim, é possível substituir a dose de Mo e Co prevista para a aplicação via sementes pela aplicação via foliar em V4.

Em áreas virgens, áreas novas ou sem cultivo anterior de soja deve-se dar preferência ao fornecimento de Mo e Co via foliar em V4, com o objetivo de favorecer a sobrevivência das bactérias do inoculante.

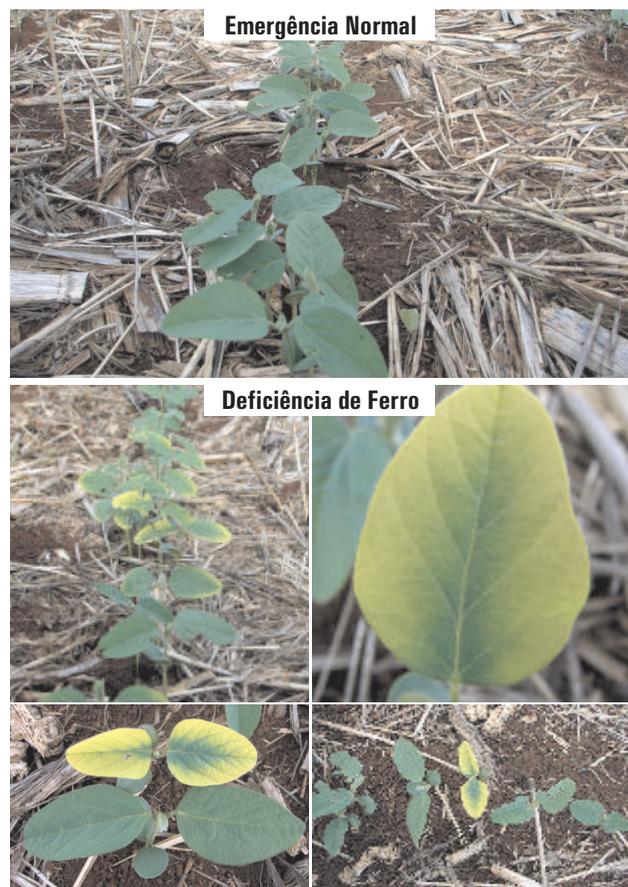


Figura 2.21. Aspecto visual das plântulas de soja com fornecimento de dose adequada de Cobalto (1ª foto), com fornecimento de dose excessiva de Cobalto (2ª e 3ª foto) e mistura mal feita da fonte de Cobalto nas sementes (4ª e 5ª foto), resultando na deficiência momentânea de ferro. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Em áreas velhas, com cultivo anterior de soja, a aplicação poderá ser realizada de ambos os modos, via sementes ou via foliar. Nestas áreas existe também a possibilidade de fazer uma complementação da dose de Mo via sementes com aplicação foliar exclusiva de Mo na dose de 20 a 30 g ha<sup>-1</sup> até a pré-florada (estádio R1), com possíveis benefícios à fixação biológica de N.

### 2.2.8.2. Zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e boro (B)

A determinação da necessidade de utilização de Zn, Mn, Cu e B pode ser feita com base no resultado de análise do solo pelos extratores Mehlich-1 e/ou DTPA para Zn, Mn e Cu e água quente para B. Na Tabela 2.13 estão apresentados os limites para interpretação dos teores de micronutrientes no solo para culturas anuais na região do Cerrado. Quando os teores de Zn, Mn, Cu e B no solo se encontram em níveis altos, existe uma baixa probabilidade de resposta técnica à adubação com estes micronutrientes.

Tabela 2.13. Limites para interpretação dos teores de micronutrientes no solo para culturas anuais, na região do Cerrado. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Níveis	Métodos							
	Água quente	Mehlich-1			DTPA			
	B	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Fe
	----- mg.dm <sup>-3</sup> -----							
<b>Baixo</b>	< 0,3	< 1,1	< 0,5	< 2,0	< 0,6	< 0,3	< 1,3	< 5
<b>Médio</b>	0,3-0,5	1,1-1,6	0,5-0,8	2,0-5,0	0,6-1,2	0,3-0,8	1,3-5,0	5-12
<b>Alto</b>	> 0,5	> 1,6	> 0,8	> 5,0	> 1,2	> 0,8	> 5,0	> 12

Adaptado de EMBRAPA (2006).

Caso a análise do solo indicar a necessidade de utilização, as quantidades de Zn, Mn, Cu e B a serem utilizadas podem corresponder às contidas na Tabela 2.14, abaixo.

Tabela 2.14. Indicação de doses de B, Cu, Mn e Zn a serem utilizadas em função dos níveis no solo. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Teor	B	Cu	Mn	Zn
	----- kg.ha <sup>-1</sup> -----			
<b>Baixo</b>	1,5	2,5	6,0	6,0
<b>Médio</b>	1,0	1,5	4,0	5,0
<b>Alto</b>	0,5	0,5	2,0	4,0

Adaptado de EMBRAPA (2006).

A Tabela 2.14 indica a utilização destes micronutrientes mesmo quando os teores no solo se encontram em níveis altos, para efeito de manutenção. No entanto, sabe-se que o efeito residual de uma correção com estes micronutrientes atinge, pelo menos, um período de 5 anos. Assim, em um momento de dificuldade financeira, teores altos no solo nas análises das últimas três safras, permitem a não utilização destes micronutrientes durante uma safra, sem comprometimento ao potencial produtivo.

## 2.3. Amostragem de folhas

A análise foliar pode fornecer informações complementares àquelas geradas pela análise de solo e auxiliar na solução de algum problema nutricional, assim como auxiliar no planejamento da adubação. Para isto, é fundamental a obtenção de amostras representativas (estádio fenológico, órgão analisado, variedade, local de coleta na planta e época de amostragem). Deve-se evitar a amostragem próxima de estradas e/ou carreadores (em função da contaminação pela poeira), em plantas atacadas por doenças ou pragas e em áreas que receberam aplicação recente de nutrientes via foliar. Caso seja visualizado algum sintoma de desordem nutricional em algum estágio fenológico diferente da programação da análise foliar pode-se fazer amostragem das plantas tidas como "normais" e naquelas tidas como "anormais" e enviar o material colhido para o laboratório (Oliveira, 2004).

Para a cultura da soja a época de coleta é no pleno florescimento (estádio fenológico R2). Deve-se coletar a primeira folha (trifólio) com aspecto maduro a partir do ápice da planta, sem o pecíolo. Cada amostra representativa de uma gleba homogênea é constituída de 30 folhas (trifólios), uma por planta. A Figura 2.22 ilustra o procedimento para a coleta de folhas na cultura da soja.

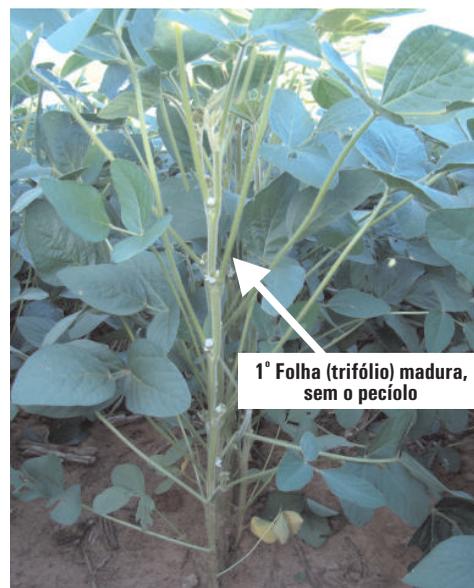


Figura 2.22. Procedimento de coleta de folhas em soja, coletando-se a primeira folha (trifólio) com aspecto maduro a partir do ápice da planta, sem o pecíolo, no pleno florescimento. FUNDAÇÃO MS, 2008.

## 2.4. Interpretação da análise foliar

Na Tabela 2.15 está apresentada a amplitude de teores foliares de nutrientes na cultura da soja em pleno florescimento (R2) em experimentos e lavouras de alta produtividade, em vários municípios do estado do Mato Grosso do Sul, os quais podem ser considerados como teores adequados.

Tabela 2.15. Concentração foliar de nutrientes na cultura da soja em experimentos e lavouras de alta produtividade no MS. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Elemento	Concentração foliar adequada <sup>1</sup>	
	---- % ----	---- g kg <sup>-1</sup> ----
<b>N</b>	4,5 - 5,5	45,0 - 55,0
<b>P</b>	0,28 - 0,35	2,8 - 3,5
<b>K</b>	1,8 - 2,2	18,0 - 22,0
<b>Ca</b>	0,8 - 1,2	8,0 - 12,0
<b>Mg</b>	0,30 - 0,39	3,0 - 3,9
<b>S</b>	0,25 - 0,33	2,5 - 3,3
	---- mg dm <sup>-3</sup> ----	---- mg kg <sup>-1</sup> ----
<b>Fe</b>	150 - 200	150 - 200
<b>Mn</b>	40 - 140	40 - 140
<b>Cu</b>	8 - 10	8 - 10
<b>Zn</b>	40 - 60	40 - 60
<b>B</b>	45 - 55	45 - 55

<sup>1</sup>Dados de 15 anos de pesquisa e de acompanhamento de propriedades rurais pela FUNDAÇÃO MS em vários municípios do estado do Mato Grosso do Sul, em condições de alta produtividade de soja. OBS: Amostragem de folhas realizada no pleno florescimento (R2), coletando-se a primeira folha (trifólio) com aspecto de madura a partir do ápice da planta, sem o pecíolo. Cada amostra representativa de uma gleba homogênea se constitui de 30 folhas, uma por planta.

## 2.5. Extração e exportação de nutrientes

A adubação de manutenção que visa repor a exportação de nutrientes é uma estratégia viável nas áreas corrigidas, cujos teores de nutrientes no solo, especialmente fósforo e potássio estejam em níveis adequados, acima do nível crítico (90% rendimento potencial), ou em níveis altos. Na adubação de manutenção, adicionam-se as quantidades de nutrientes exportadas em função da expectativa de produtividade, que constam na Tabela 2.16 abaixo, mais as perdas do sistema. Em geral, no caso do fósforo o acréscimo devido às perdas varia de 20 a 30% da exportação. Para o potássio, pode-se considerar um acréscimo devido às perdas de 10% da exportação.

Se tomarmos como exemplo na Tabela 2.16 abaixo uma expectativa de produtividade de 60 sc ha<sup>-1</sup> de soja, uma exportação de 36 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O neste nível de produtividade e um aproveitamento de 70% do fósforo (30% perdas) e de 90% do potássio (10% perdas) aplicado a dose de fósforo e potássio de manutenção a ser aplicada será de 50 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Tabela 2.16. Extração e exportação de macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) e micronutrientes (g ha<sup>-1</sup>) pela cultura da soja em função da produtividade atingida ou da expectativa de produtividade. FUNDAÇÃO MS, 2008.

Nutriente	Produtividade atingida / Expectativa de produtividade					
	3,0 t.ha <sup>-1</sup> ou 50 sc.ha <sup>-1</sup>		3,6 t.ha <sup>-1</sup> ou 60 sc.ha <sup>-1</sup>		4,2 t.ha <sup>-1</sup> ou 70 sc.ha <sup>-1</sup>	
	Extraído	Exportado	Extraído	Exportado	Extraído	Exportado
	..... kg.ha <sup>-1</sup> .....					
<b>N</b>	249	153	299	184	349	214
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	46	30	55	36	65	42
<b>K<sub>2</sub>O</b>	114	60	137	72	160	84
<b>S</b>	46	16	55	19	65	23
<b>Ca</b>	37	9	44	11	51	13
<b>Mg</b>	20	6	24	7,2	28	8
	..... g.ha <sup>-1</sup> .....					
<b>Mo</b>	21	15	25	18	29	21
<b>Zn</b>	183	120	220	144	256	168
<b>Mn</b>	390	90	468	108	546	126
<b>Cu</b>	78	30	94	36	109	42
<b>B</b>	231	60	277	72	323	84

Adaptado de EMBRAPA (2006).

## 2.6. Aplicação de fertilizantes de manutenção a lanço

### Critérios para a sua utilização

-A adubação de manutenção a lanço é uma opção para solos corrigidos de boa fertilidade sob sistema plantio direto bem conduzido (cujos teores de fósforo, potássio e demais nutrientes na análise de solo estejam acima do nível crítico), localizados em regiões que não apresentem períodos prolongados de déficit hídrico;

-Em solos de média fertilidade (médios teores de fósforo e potássio) deve-se aplicar pelo menos 50% do fertilizante de manutenção no sulco de semeadura. Em níveis médios de fertilidade a adubação de manutenção a lanço somente apresentará resultado satisfatório na ausência de restrição hídrica à cultura;

- Em solos com baixos teores de fósforo e potássio e/ou nas regiões com ocorrência de períodos prolongados de déficit hídrico, deve-se priorizar a aplicação do fertilizante de manutenção no sulco de semeadura;

### Cuidados

Atenção especial quanto à regulagem dos equipamentos de distribuição a lanço de fertilizantes:

- A regulagem estática do equipamento pode subestimar a dose/ha aplicada;
- A largura útil de trabalho deste tipo de equipamento é inferior a largura máxima de trabalho, sendo necessário haver a sobreposição de passadas adjacentes;
- Cada equipamento foi projetado para fazer aplicações em uma determinada largura máxima de trabalho;
- A largura útil varia em função do produto a ser aplicado (matéria prima, fórmula, etc.) e da sua natureza (grânulos, mistura de grânulos, farelado, etc.);
- A largura de trabalho excessiva pode acarretar a falta de uniformidade do perfil de distribuição transversal;

A falta de uniformidade do perfil de distribuição transversal é um dos problemas a serem superados quando se pretende realizar adubação a lanço com qualidade. Em muitos casos, observam-se aplicações sendo realizadas em larguras de trabalho excessivas, seja com o objetivo de acelerar as operações agrícolas, seja no intuito de aproveitar as marcações de rastro do pulverizador. Na Figura 2.23 está apresentada a consequência desta má utilização dos equipamentos de aplicação a lanço. O equipamento utilizado, projetado para aplicação de fertilizantes em uma largura útil de 12 m, foi submetido à aplicação de fertilizantes em uma largura útil de 18 m (simulando uma prática incorreta). Resultado: Aplicou-se a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> do NPK + Micro planejada, mas, com uma péssima qualidade. Na porção central (linha de deslocamento do conjunto trator + equipamento de distribuição) representado pela posição "0", aplicou-se uma dose bastante superior à planejada (quase 600 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante) e à medida que aumenta a distância do conjunto trator + equipamento de distribuição se aplicou uma dose bastante inferior à planejada (em torno de 200 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante). Faltou uma maior sobreposição entre as passadas adjacentes pois não foi possível atingir a dose planejada nas extremidades da faixa útil, a 9 m da linha de deslocamento. Esta grande amplitude de doses aplicadas é o maior desafio a ser superado a nível de campo. Nesta situação, não se pode esperar que a adubação a lanço tenha um desempenho equivalente à adubação no sulco de semeadura. Em algumas porções as plantas podem manifestar deficiência de nutrientes e em outras até mesmo excessos.

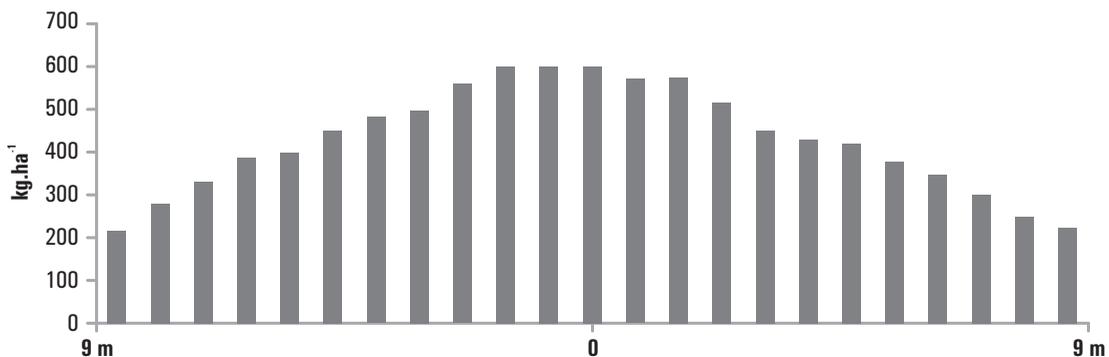


Figura 2.23. Regularidade de distribuição do fertilizante NPK + Micro (na dose 400 kg ha<sup>-1</sup>) quando equipamento projetado para largura útil de 12 m foi submetido à aplicação numa largura útil de 18 m. FUNDAÇÃO MS. Maracaju/MS, 2008.

### Possíveis vantagens se bem utilizada

- aumento no rendimento operacional na semeadura;
- melhoria do estande de plantas devido aos cuidados apenas com a distribuição das sementes, podendo fazê-la com maior critério;
- redução do risco de danos às sementes e organismos benéficos, pela não exposição a produtos da reação dos fertilizantes (ácidos e sais);
- a operação apenas com semente demanda tratores com menor potência, que custam menos (menor custo fixo) e consomem menos combustível;
- redução no tempo de estocagem do fertilizante na propriedade, liberando espaço em galpões;
- redução da demanda por mão-de-obra na época de semeadura;
- redução no número de paradas para abastecer a semeadora, aumentando assim o número de hectares semeados por dia e a semeadura de uma maior área dentro da melhor época.

## 2.7. Outras tecnologias em fase de avaliação

### 2.7.1. Adubação com silício (Si)

Trabalhos de pesquisa conduzidos pela FUNDAÇÃO MS até o momento, em sistema plantio direto bem conduzido, apontam para uma baixa probabilidade de resposta à utilização de Silício, independente da fonte utilizada.

### 2.7.2. Adubação foliar com macronutrientes

Trabalhos de pesquisa conduzidos pela FUNDAÇÃO MS até o momento, em sistema plantio direto bem conduzido, apontam para uma baixa probabilidade de resposta à aplicação foliar de N, P, K, Ca, Mg e S.

### 2.7.3. Adubação foliar com micronutrientes

A maior probabilidade de resposta é verificada com o Molibdênio (Mo), cuja tecnologia de aplicação foi descrita anteriormente. Para os demais micronutrientes, a aplicação poderá ser feita caso a análise de solo, a análise foliar ou o histórico da área indicar alguma deficiência.

### 2.7.4. Hormônios, aminoácidos e ácidos húmicos

Trabalhos de pesquisa conduzidos pela FUNDAÇÃO MS até o momento, em sistema plantio direto bem conduzido, apontam para uma baixa probabilidade de resposta à utilização via sementes ou via foliar.

### 2.7.5. Aplicação de glifosato em soja RR e seu efeito sobre a nodulação e absorção de manganês

Em trabalhos de pesquisa conduzidos pela FUNDAÇÃO MS até o momento, em sistema plantio direto bem conduzido, com níveis adequados de Manganês no solo, a aplicação de glifosato em soja RR não afetou a nodulação, não afetou a nutrição da soja com nitrogênio e manganês, assim como não houve respostas à aplicação foliar de manganês.

Provavelmente não existe uma resposta diferenciada da soja RR ao Mn comparativamente à soja convencional. Em solos deficientes neste nutriente esperam-se respostas à aplicação via solo ou foliar tanto para Soja Convencional quanto para Soja RR. Por outro lado, em solos cujos teores se encontram adequados não se espera ganhos de produtividade com esta prática.

Na Figura 2.24 está ilustrada a fitotoxidez momentânea da soja RR ao glifosato, sintoma que muitas vezes é erroneamente confundida com a deficiência de manganês.



Figura 2.24. Aspecto visual de lavoura com fitotoxidez momentânea por glifosato após a aplicação de glifosato na fase inicial da cultura.

A ocorrência de fitotoxidez em decorrência da aplicação de glifosato depende da cultivar utilizada. A Figura 2.25, abaixo ilustra o comportamento de duas cultivares (CD 225 RR e BRS Charrua RR), em função da aplicação de glifosato. Pode-se observar que a cv BRS Charrua RR apresentou uma maior capacidade de metabolização do glifosato aplicado e não manifestou sintomas visuais de fitotoxidez.



Figura 2.25. Aspecto visual das folhas (trifólios) da soja com fitotoxidez (à esquerda, cultivar CD 225 RR) e sem fitotoxidez (à esquerda, cultivar BRS Charrua RR) após a aplicação de glifosato na fase inicial da cultura. FUNDAÇÃO MS, 2008.

## 2.8. Referências bibliográficas

- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Compatibilidade do uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja. Londrina: EMBRAPA Soja, 2000. 31p. (Embrapa Soja. Boletim de pesquisa, 4)
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10ª ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 2004. 400p.
- EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil, 2007. Londrina, PR, 2006. 239p.
- OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.S. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.245-255.
- SFREDO, G.J.; KEPKER, D.; ORTIZ, F.R.; OLIVEIRA NETO, W. Níveis críticos de enxofre no solo para a soja, no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29.,2003, Ribeirão Preto. Solo: alicerce dos sistemas de produção. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UNESP, 2003. CD –ROM.
- SILVA, L.S.; RHEINHEIMER, D.S; KAMINSKI, J.; SCHLINDWEIN, J.; GATIBONI, L.C. Acidez e o uso do calcário na agricultura. Santa Maria: Departamento de Solos - UFSM, 2002. 4p. ( Departamento de solos – UFSM. Nota Técnica, 2).
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.81-96.
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.S. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.81-96.
- 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).
- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de.; LOBATO, E. Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1987a. 7p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 51).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. Sunderland: Sinauer Associates Inc, 2002, 690 p.
- VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição da plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F.(Ed) Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina, PR, EMBRAPA-IAPAR-SBCS, 1988, p. 179-199.