

# Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto

*Francisco Morel Freire<sup>1</sup>*

*Carlos Alberto Vasconcellos<sup>2</sup>*

*Gonçalo Evangelista de França<sup>3</sup>*

**Resumo** - O plantio direto por ser um sistema de cultivo em que não há revolvimento do solo, promove a cobertura deste com resíduos culturais e acarreta marcantes alterações na fertilidade. O acúmulo de nutrientes, especialmente o de fósforo, elevação do pH e a redução da saturação por alumínio nos primeiros centímetros de solo têm relação estreita com o aumento do teor de matéria orgânica na camada mais superficial (0-10cm). Essas peculiaridades do Sistema Plantio Direto (SPD) implicam em diferentes estratégias de manejo da fertilidade do solo. Como exemplos, devido à heterogeneidade vertical e horizontal, a metodologia de amostragem do solo será diferente daquela usada no Sistema Plantio Convencional (SPC). Uma vez estabelecido o SPC, o corretivo deverá ser aplicado superficialmente, sem incorporação. No manejo do nitrogênio, não se deve considerar uma cultura isoladamente, mas o sistema envolvendo as rotações e/ou sucessões dela.

**Palavras-chave:** Matéria orgânica; Nutrientes; Amostragem do solo; Correção do solo; Adubação.

## INTRODUÇÃO

O Sistema Plantio Direto (SPD) foi introduzido no Sul do Brasil no início da década de 70, com o objetivo de controlar a erosão hídrica. Tem-se notícia que a primeira lavoura a usar esse sistema de cultivo foi no estado do Paraná, em 1972. Somente nos anos 90, após serem contornadas as dificuldades iniciais para a adoção do SPD, é que o sistema conseguiu deslanchar-se, ocupando hoje espaços significativos na área agrícola brasileira (Borges, 1998).

Hoje em dia, após quase três décadas de sua efetiva introdução no Brasil, verifica-se que o SPD tem-se mostrado muito mais que um método de conservação de solo. Por se tratar de um método de cultivo, em que não há revolvimento do solo e por promover a cobertura deste com resíduos culturais, propicia marcantes alterações quanto à sua fertilidade. Acúmulo de nu-

trientes nos primeiros centímetros de solo tem sido observado. Isto atribui-se à estreita relação com o aumento do teor de matéria orgânica (Sá, 1995). Além disso, a fertilidade do solo é diretamente influenciada pela qualidade do material de cobertura produzido nos vários sistemas de sucessões e rotações de culturas adotados (Muzilli, 1983 e Sá, 1993). Essas particularidades do SPD implicam, assim, em diferentes estratégias de manejo da fertilidade do solo.

## ALTERAÇÕES DA FERTILIDADE NO PERFIL DE SOLO

No SPD, a ausência do preparo mecânico do solo pela aração e gradagem e a cobertura do solo com resíduos das diversas culturas usadas em sucessão e/ou rotação ao longo dos anos acarretam modificações marcantes em alguns atributos químicos, especialmente no teor de matéria

orgânica, no pH e na saturação por alumínio (Al), e em relação à distribuição deles no perfil de solo. Nos trabalhos de pesquisa de Muzilli (1983) e Sidiras & Pavan (1985), conduzidos no estado do Paraná, em que se compararam o SPD com o Sistema Plantio Convencional (SPC), detectaram-se aumentos no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo pela adoção do SPD. Em um Latossolo Roxo, após cinco anos de cultivo, o efeito foi evidente na camada de 0-5cm, enquanto que, para um outro Latossolo Roxo e para uma Terra Roxa Estruturada, após quatro anos de cultivo, o efeito atingiu uma profundidade um pouco maior na camada arável de 0-20cm. Ainda no Norte do Paraná, conforme resultados mostrados em Sá (1993), observou-se aumento de 27% no teor de matéria orgânica na camada de 0-10cm no SPD sobre o SPC, após 15 anos de cultivo. Essa

<sup>1</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTCO, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG.

<sup>2</sup>Engº Agrº, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. E-mail: carlos@cnpms.embrapa.br

<sup>3</sup>Engº Agrº, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. E-mail: franca@cnpms.embrapa.br

elevação do teor de matéria orgânica nas camadas mais superficiais é uma consequência da mineralização mais lenta no SPD em relação ao sistema convencional de cultivo, devido a um contato menor com o solo, retardando a ação dos microorganismos.

No que se refere aos efeitos de acidificação, a distribuição dos resíduos das plantas sobre a superfície do solo tem promovido aumentos significativos no pH nas camadas superficiais dos solos sob SPD (Muzilli, 1983 e Sidiras & Pavan, 1985). Por sua vez, o valor de pH menor, observado no SPC, pode ser atribuído, em parte, pela maior mineralização dos resíduos orgânicos e pela lixiviação de nutrientes da camada arável, juntamente com a erosão, propiciada pela água das chuvas (Sidiras & Vieira, 1984). É possível, contudo, em SPD, haver áreas com decréscimo de pH em função de elevada aplicação de N na forma de  $\text{NH}_4^+$  e pela absorção e exportação de bases. Diferentemente do que ocorreu com o pH, menores valores de saturação por Al na camada superficial do solo no SPD foram verificados (Sidiras & Pavan, 1985). Numa avaliação de 40 áreas sob SPD na região dos Campos Gerais do Paraná, foi observada a ausência de Al na profundidade de 0-10cm e apenas 5% das áreas apresentaram saturação entre 0-15% na profundidade de 10-20cm (Sá, 1993). A esse respeito, vários mecanismos têm sido propostos para explicar sua redução no solo, após a aplicação de resíduos vegetais. Dentre eles, chama-se a atenção para a complexação deste elemento por compostos orgânicos (Miyazawa et al., 1993, Franchini et al., 1999 e Sumner & Pavan, 2000).

Quanto à distribuição e à acumulação de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) nos solos sob SPD, tem-se que esses três nutrientes mostram tendência de diminuição gradativa da disponibilidade com a profundidade, com maior acúmulo nos primeiros centímetros da camada arável (Muzilli, 1983, Sidiras & Pavan, 1985 e Sá, 1993). Por sua vez, o movimento detectado no perfil de solo em SPD, no caso do Ca e do Mg é, provavelmente, decorrência de reações de complexação com solutos orgânicos e maior quantidade de água infiltrada.

Em relação ao K, a maior redistribuição do elemento no perfil de solo é atribuída à maior infiltração de água (Sidiras & Vieira, 1984).

Trabalhos como os de Muzilli (1983) e Sidiras & Pavan (1985) têm demonstrado que o fósforo (P) acumula-se na camada superficial do solo, sobretudo nos primeiros 5 ou 10cm de profundidade. Essa mesma tendência é mostrada em Sá (1993), em que se avaliou a fertilidade em 40 áreas na região dos Campos Gerais do Paraná, envolvendo diversas unidades pedológicas e tempo de adoção do SPD. Nessas áreas monitoradas, a maior concentração de P estava localizada na camada de 0-2,5cm. Esse acúmulo do P, próximo à superfície, confirma a limitada mobilidade deste elemento no solo, que é decorrente das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação durante a decomposição dos resíduos vegetais e da redução da fixação pelo menor contato do P com os constituintes inorgânicos do solo (Sidiras & Pavan, 1985).

Assim, no SPD, deixa de existir a camada arável para surgir uma camada enriquecida de resíduos orgânicos, alterando a dinâmica da matéria orgânica e a liberação de nutrientes no solo (Sá, 1993).

## AMOSTRAGEM DE SOLO

É com base nos resultados analíticos de uma amostra de solo que se obtêm as recomendações para o uso dos insumos: fertilizantes e corretivos. Depreende-se, pelo exposto, que todo o sucesso dessas recomendações fica, em última análise, na dependência da amostragem bem-feita. A análise de solo é, dessa maneira, indispensável para que se tire o maior proveito possível do adubo aplicado e sejam usadas a fórmula e a quantidade adequadas para cada cultura.

Existe uma série de recomendações práticas sobre a amostragem de solo que deve ser observada pelo interessado. Entretanto, para áreas sob SPD, ainda não foi estabelecida a amostragem de solo mais adequada para a estimativa da disponibilidade de nutrientes para as culturas. A utilização das informações obtidas para a

amostragem de solo em áreas com cultivo convencional (aração e gradeação) acarreta erros, devido à concentração dos nutrientes no sulco de plantio. Por sua vez, a recomendação de fertilizantes e corretivos requer, para maior precisão, uma amostragem representativa de toda a área cultivada. Esta amostragem, normalmente, é proibitiva tanto pelo lado econômico, como pelo prático, ao ter-se que coletar e agrupar um número elevado de amostras simples em amostras compostas. Em suma, a intensidade de amostragem (número de amostras simples para formar a amostra composta) será dependente da variabilidade do solo e do manejo adotado pelo produtor.

A heterogeneidade é uma condição natural do solo. Ela ocorre tanto no sentido horizontal, como no vertical, em função dos fatores de formação do solo (clima, topografia, material de origem, vegetação, organismos através dos processos físicos, químicos e biológicos e tempo). Pela ação antrópica, em função do manejo, esta heterogeneidade pode aumentar ou diminuir. No sistema convencional, por exemplo, há uma camada superficial diferenciada, oriunda da ação dos arados e grades que funcionam misturando os adubos, os corretivos e os resíduos culturais. A espessura dessa camada depende da profundidade da operação dos implementos. Normalmente, varia de 15 a 20cm. No caso do SPD, não havendo o revolvimento do solo, há acúmulo continuado de adubos, de corretivos na superfície, o que determina a formação de gradientes em profundidade e maior variabilidade no sentido horizontal, quando comparado ao sistema convencional. Isso sugere que, nesse sistema de cultivo, é importante definir, com critério, a profundidade de amostragem, de modo que os resultados analíticos retratem com fidelidade a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Em Minas Gerais, para área manejada sob o SPD, recomenda-se a amostragem de uma fatia de 3 a 5cm de solo, retirada com pás de corte, transversalmente aos sulcos e no espaço compreendido entre os pontos médios entre os sulcos (Fig. 8). Nos primeiros anos (dois a três) de SPD, re-

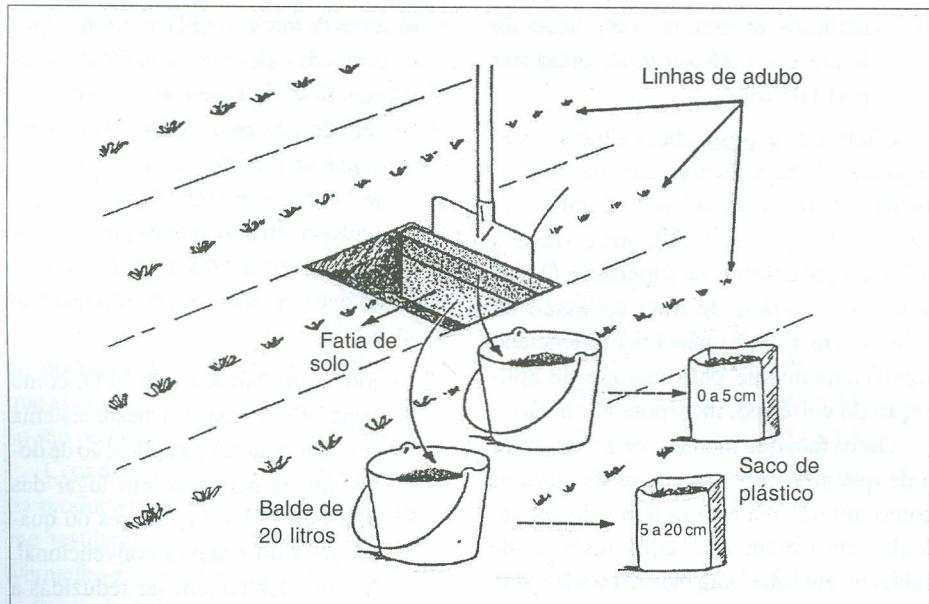


Figura 8 - Esquema de amostragem de solo em áreas sob SPD

comenda-se amostrar as camadas de 0 a 10cm e de 10 a 20cm. Nos anos seguintes, amostrar as camadas de 0 a 5cm, 5 a 10cm e de 10 a 20cm, caso contrário, de 0 a 5cm e de 5 a 20cm. O número de trincheiras amostradas para formar as amostras compostas (nas diferentes profundidades) pode variar de 10 a 15 na gleba (Cantarutti et al., 1999).

Para facilitar a operação desta coleta, devido à quantidade elevada de terra a ser manuseada na amostragem, sugere-se que, ao fazer a coleta de cada amostra simples, o solo seja colocado em um balde e misturado muito bem. Desta quantidade, retirar uma porção aproximada de 300g, que será guardada em outro balde e misturada às demais amostras simples (Fiorin et al., 1998). Dessa forma, considerando-se 15 amostras simples, teria-se uma amostra composta em torno de 4,5kg a ser homogeneizada.

É condição fundamental para o sucesso do SPD a rotação e/ou sucessão de culturas. Nesse sentido, o cultivo de culturas com diferentes espaçamentos, com linhas de plantio possivelmente não coincidentes, permite inferir que, com o passar dos anos, a variabilidade horizontal da fertilidade tenderá a diminuir, aproximando-se da que existe no sistema convencional. Assim, a amostragem dirigida, como a recomendada anteriormente, seria importante, especialmente nos primeiros anos de implantação

do SPD. Mesmo que a homogeneização do solo após um longo período neste sistema de cultivo venha confirmar-se, alerta-se que a coleta das 20 amostras simples, pode, ainda, levar à obtenção de uma amostra composta não representativa da fertilidade da área. A título de exemplo, segundo Anghinoni & Salet (1995), para uma lavoura com oito anos no SPD e amostragem na camada de 0-10cm, admitindo-se uma variabilidade do P de 10% em torno da média, seria necessário aumentar o número de amostras simples de 20 para 50. Se for aceita uma precisão um pouco menor, pode-se sugerir, arbitrariamente, a coleta, inteiramente ao acaso na gleba, de 40 amostras simples para formar a composta. Com isso, procurar-se-ia atender o lado prático, facilitando a amostragem no SPD.

Outro aspecto que merece atenção para amostragem do solo, é o uso de fosfato natural. Neste caso, ressalta-se a importância do histórico da área e a necessidade de análise por extrator específico que não dissolva o P diretamente do fertilizante aplicado. O extrator duplo-ácido, como o extrator Mehlich<sup>-1</sup>, dissolve o P do adubo, alterando a interpretação dos resultados analíticos. A solubilização dos fosfatos considerados insolúveis fica, assim, na dependência do tempo e do maior contato com o solo, para que se processem as reações.

## ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM

A contribuição do conhecimento da acidez do solo, quer na caracterização do solo sob o ponto de vista genérico, quer sobre o aspecto de sua fertilidade, apresenta-se valiosa no desenvolvimento da agricultura moderna, favorecendo maiores produtividades, melhor eficiência dos fertilizantes e sustentabilidades.

A acidez do solo é gerada por várias causas, dentre elas podem ser mencionadas:

- água das chuvas, que pode contribuir com H<sup>+</sup>, decorrente da formação de ácido carbônico, e pela presença de ácidos sulfúrico e nítrico existentes na atmosfera em áreas de atividade industrial intensa;
- lixiviação, devido à intensidade de chuvas, favorecendo à perda de bases nas águas de drenagem;
- decomposição de materiais orgânicos com a liberação de ácidos orgânicos;
- emprego de fertilizantes nitrogenados amoniacais, uma vez que no processo de nitrificação pela ação de bactérias são gerados H<sup>+</sup>;
- remoção de bases pela colheita das culturas;
- exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes das plantas.

Dessas, são consideradas importantes a decomposição de materiais orgânicos e a adição de fertilizantes nitrogenados.

Ao iniciar-se o SPD, devem-se corrigir os impactos negativos da acidez da melhor maneira possível, sendo isso considerado um pré-requisito para o sucesso do sistema. Estes impactos negativos podem ser qualificados em apenas duas linhas básicas: eliminação da toxidez de Al e/ou manganês (Mn) e fornecimento de Ca e Mg, elementos essenciais à nutrição. Conforme sugerido em Sousa & Lobato (2000), a acidez superficial (0 a 20cm) e a subsuperficial (20 a 60cm) devem estar corrigidas, o que possibilita um maior desenvolvimento radicular das plantas e um aumento da absorção dos nutrientes e da água pelas

culturas. A esse respeito, deve-se alertar para o fato de que em muitas áreas esses cuidados não foram devidamente tomados, resultando, em muitos casos, no retorno ao sistema convencional (Sá, 1999).

A partir deste tempo (início do SPD), todo e qualquer preparo de solo que envolva aração e gradeação irá eliminar grande parte dos benefícios alcançados pela prática do não-preparo. Assim, para correção da acidez do solo no SPD, o calcário é distribuído em sua superfície, não havendo incorporação dele. Quanto à eficiência da aplicação superficial do calcário na correção da acidez de camadas subsuperficiais, o assunto é objeto de controvérsia. Resultados de alguns trabalhos, como os de Ritchey et al. (1980) e Pavan et al. (1984), conduzidos em solos do Brasil, indicam que o calcário apresenta uma mobilidade limitada no solo. Entretanto, nos trabalhos de Chaves et al. (1984) e Caires et al. (1998, 1999, 2000), também conduzidos em solos brasileiros, foram verificados aumentos no valor do pH e redução do Al trocável em camadas do subsolo com a aplicação do calcário na superfície. No caso do SPD, algumas hipóteses podem ser sugeridas para explicar a ação do corretivo aplicado em superfície (Caires et al., 2000 e Sá, 1999):

- a) deslocamento de partículas de calcário pela água percolada no solo, através de canais formados por raízes mortas, de galerias de organismos do solo (micro, meso e macrofauna) e de planos de fraqueza do solo;
- b) formação e migração de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , para camadas mais profundas do solo, tendo em vista que, no SPD, a acidez superficial é diminuída por diferentes mecanismos;
- c) movimentação de Ca e Mg trocáveis do solo e redução do Al trocável no subsolo, relacionados com o mecanismo de lixiviação, por meio da formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas;
- d) mistura de partículas de calcário com

resíduos de plantas pela ação da fauna, que pode ser transportada no perfil do solo.

Quanto à resposta das culturas à calagem no SPD, verifica-se, com base em resultados obtidos em solos do Paraná (Sá, 1999 e Caires et al., 2000), que é viável a aplicação do calcário na superfície. O rendimento de grãos de uma sucessão de culturas em rotação não foi influenciado significativamente pelo método de aplicação do corretivo, incorporado ou não.

Outro fato que merece ser destacado, é o de que altas produtividades de culturas como milho, soja e trigo têm sido encontradas em tratamentos com ausência de calagem, em solos com elevada acidez, sendo as respostas à calagem ausentes ou inexpressivas. As explicações para isso, segundo Caires (2000), têm sido relacionadas com as características inerentes a esse sistema de cultivo. Cabe mencionar as seguintes: os materiais vegetais, mantidos na superfície do solo no SPD, exercem efeitos positivos sobre a acidez, aumentando o pH e reduzindo o teor de Al, estando esta redução associada ao aumento do pH e à complexação orgânica; o aumento na capacidade de troca de cátions, devido ao aumento do teor de matéria orgânica, em solos ácidos sob SPD, pode proporcionar maior concentração de cátions trocáveis, suficiente para obtenção das altas produtividades; a elevada produção de grãos pode, também, ser atribuída à adequada absorção de nutrientes pelas plantas propiciada pela maior umidade nas camadas superficiais no SPD.

Depreende-se, pelo exposto, que a necessidade de calcário no SPD é menor que a requerida no SPC. Segundo Wiethölter (2000), com o aumento da área sob SPD, a tendência é usar menores quantidades de calcário por área e em intervalos maiores do que aqueles adotados no sistema convencional, implicando em redução dos custos de produção.

Não existe um critério único para recomendação de calagem na superfície em SPD, o qual varia de acordo com o autor e a região do Brasil. Para Minas Gerais, Lopes (1999) menciona que, ao se proceder à recomendação, duas situações devem ser consideradas:

a) antes de iniciar o SPD, na última aplicação de calcário, o cálculo da calagem deve-se basear numa amostragem de solo na camada de 0 a 20cm, a qual se pretende corrigir. Sugere-se, ainda, dar preferência para um calcário um pouco mais grosso (reatividade entre 50% e 60%), de modo que se consiga um efeito residual maior;

b) após a implantação do SPD, como princípio, a calagem neste sistema deve ser feita com a aplicação de doses anuais menores, em lugar das doses elevadas a cada três ou quatro anos no sistema convencional. Assim, elas podem ser reduzidas a um terço, quando a amostragem for feita na camada de 0 a 20cm, e à metade no caso de amostragem na camada de 0 a 10cm. Nesta situação, deve-se usar um calcário de granulometria mais fina.

Para as áreas de Cerrado, Sousa & Lobato (2000) enfatizam que a acidez superficial não é problema, quando a saturação por bases do solo estiver em torno de 50%, e o pH em água, próximo a 6,0. A relação Ca e Mg no solo, em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ , deve situar-se no intervalo de 1:1, até próximo de 10:1, cuidando para se ter o teor mínimo de 0,5  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  de Mg.

## GESSAGEM

Um problema encontrado nos solos do Brasil, em especial na região do Cerrado, é a deficiência de Ca na subsuperfície, que pode estar associada à toxicidade de Al, afetando a produtividade agrícola, por restringir o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Para contornar este problema, uma literatura bastante extensa tem mostrado a eficiência do gesso agrícola como melhorador do ambiente radicular nas camadas subsuperficiais do solo. Por se tratar de um sal relativamente solúvel, ele é prontamente lixiviado da camada superficial, sendo, inclusive, não obrigatória sua incorporação ao solo.

Embora sejam conhecidos os efeitos benéficos do gesso como melhorador do ambiente radicular, tem sido alertado que a

sua utilização está associada à intensa movimentação de bases trocáveis no perfil. Além da movimentação de Ca, a aplicação de gesso promove também lixiviação de Mg. Devido a esse fato, como salientado por Caires (2000), o uso do gesso tem sido recomendado para ser aplicado junto com o calcário dolomítico, proporcionando, assim, uma melhoria da distribuição do Mg, do calcário no perfil do solo. Quanto ao potássio, no SPD, há informações de que as perdas propiciadas pelo uso do gesso são pequenas (Caires et al., 1998).

Com relação ao efeito do gesso agrícola na produção de culturas em SPD, conforme resultados obtidos em um Latossolo Vermelho-Escuro, no estado do Paraná, nas culturas de milho, de trigo e de soja avaliadas, somente a do milho apresentou resposta à aplicação do gesso. Isto decorreu do fornecimento de enxofre (S), da melhoria do teor de Ca trocável no solo, da redução da saturação por Al e do aumento da relação Ca/Mg do solo (Caires et al., 1998, 1999 e Caires, 2000). Por sua vez, a técnica da gessagem tem sido avaliada pelos produtores da região do Cerrado em áreas com SPD, obtendo-se respostas ao uso de gesso, com ganhos médios de 1.500kg/ha, para a cultura do milho, e de 720kg/ha, para a da soja (Sousa & Lobato, 2000). Verifica-se, assim, que existe um comportamento aparentemente diferenciado das culturas, quanto à resposta à aplicação do gesso, o que acarreta dúvidas ao recomendar o produto, considerando o sistema de rotação.

Embora existam dúvidas quanto aos efeitos favoráveis da aplicação de gesso nas produções das culturas e quanto ao método de recomendação desse produto no SPD, pelas propostas encontradas em Alvarez V. et al. (1999), apesar de serem de caráter geral, a quantidade de gesso agrícola a aplicar pode ser estimada independente da necessidade de calagem ou de acordo com a sua estimativa. De forma resumida, são apresentadas as recomendações que se seguem.

### Com base na textura do solo

As doses de gesso agrícola, a serem recomendadas para camadas subsuperficiais de 20cm de espessura, podem ser

estimadas de acordo com o teor de argila dessas camadas (Quadro 1).

**QUADRO 1** - Necessidade de gesso (NG) de acordo com o teor de argila de uma camada subsuperficial de 20cm de espessura

Argila (%)	NG (t ha <sup>-1</sup> )
0 a 15	0,0 a 0,4
15 a 35	0,4 a 0,8
35 a 60	0,8 a 1,2
60 a 100	1,2 a 1,6

A quantidade de gesso (QG) a ser recomendada deve, ainda, considerar a espessura da camada (EC) a ser corrigida e a superfície do terreno (SC) a ser coberta. Assim, a QG é:

$$QG = NG \times \frac{SC}{100} \times \frac{EC}{20}$$

### Com base na determinação do fósforo remanescente

O fósforo remanescente (P-rem), conforme determinação feita nos laboratórios que participam do Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análises de Solo de Minas Gerais (Profert-MG), pode ser usado em substituição ao teor de argila do solo (Souza et al., 1992, citados por Alvarez V. et al., 1999), no cálculo para recomendar a gessagem (Quadro 2).

**QUADRO 2** - Necessidade de gesso (NG) de acordo com o valor de fósforo remanescente (P-rem) de uma camada subsuperficial de 20cm de espessura

P-rem <sup>(1)</sup> (mg/L)	NG (t ha <sup>-1</sup> )
0 a 4	1,680 a 1,333
4 a 10	1,333 a 1,013
10 a 19	1,013 a 0,720
19 a 30	0,720 a 0,453
30 a 44	0,453 a 0,213
44 a 60	0,213 a 0,000

(1) Concentração de P na solução de equilíbrio, após agitação dos solos por 1 hora com solução de  $\text{CaCl}_2$ , 10mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10.

Deve-se, também, para calcular a quantidade de gesso a ser recomendada levar em conta, como indicado anteriormente, a espessura da camada a ser corrigida e a superfície do terreno a ser coberta.

### Com base na determinação da necessidade de calagem

A melhoria do ambiente radicular das camadas subsuperficiais pode ser efetuada pela incorporação ou não do gesso na dose de 25% da necessidade de calagem (NC) daquela camada subsuperficial que se pretende melhorar. Assim, a necessidade de gesso (NG) é calculada pela seguinte fórmula:

$$NG = 0,25 NC$$

Chama-se a atenção que, no caso de Minas Gerais, a NC pode ser determinada tanto pelo método da neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e da elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , quanto pelo método da saturação por bases.

Como já abordado nesta recomendação, considera-se também no cálculo da quantidade de gesso a ser aplicado a espessura da camada a ser corrigida e a superfície do terreno a ser coberta.

### TRANSFORMAÇÕES E MANEJO DO NITROGÊNIO

O reconhecimento da importância do nitrogênio (N) em aumentar a produtividade das culturas tem acarretado não só a demanda pelos fertilizantes nitrogenados, mas também por novas técnicas e/ou conhecimentos que favoreçam sua eficiência nos sistemas agrossilvipastorais.

Dentre os elementos essenciais, o N é o que mais limita o desenvolvimento e a produtividade de biomassa das gramíneas, inclusive do milho. Esta limitação ocorre, porque o milho requer grandes quantidades de N (1,0 a 1,3% do peso seco da planta), e o N suprido pelo solo, na maioria dos casos, não é suficiente para atingir altos tetos de produtividade, necessitando aporte externo desse nutriente ao sistema.

Os fertilizantes nitrogenados são caros, pois consomem grandes quantidades de energia para sua obtenção. Por outro lado,

devido às transformações microbiológicas por que passa no solo, o N está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e desnitrificação, constituindo-se sempre em um poluente potencial do solo, do ar e dos mananciais água, degradando o meio ambiente.

É necessário, portanto, que os processos envolvidos na incorporação, transformação, perda do solo e dos fertilizantes sejam compreendidos, para que se possam desenvolver estratégias de manejo que contribuam para aumentar a eficiência de aproveitamento do N e que minimizem a possibilidade de degradação do meio ambiente. Estudos realizados em várias regiões tropicais, inclusive no Brasil, têm mostrado que, se manejado adequadamente, o uso de fertilizantes nitrogenados permite a prática de uma agricultura altamente produtiva, sustentável, sem degradar o meio ambiente.

## Transformações no solo

Grande parte do N no solo encontra-se na forma orgânica. Através do processo de mineralização, é transformado nos íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ), que são as formas absorvidas pelas plantas. Na forma de nitrito, o N não é retido no solo, estando sujeito a perdas por lixiviação e/ou por desnitrificação.

A taxa de mineralização depende da temperatura, relação C/N, pH, tipo de argila e da umidade do solo. Na região de clima temperado, a temperatura é um fator limitante durante o inverno, enquanto que nos trópicos, a mineralização raramente é limitada pela temperatura do solo. Nos trópicos, a alternância do ciclo de molhamento e secamento do solo exerce papel primordial na transformação de N, afetando os processos microbiológicos que realizam a mineralização.

A relação C/N dos resíduos agrícolas determina o destino do N dos resíduos orgânicos no solo. Uma relação ampla resulta na imobilização do N mineral pela biomassa microbiana. A imobilização só termina quando o valor da relação C/N no material em decomposição estiver próximo a 20 (Suhet et al., 1986). Como a taxa de

mineralização do carbono em solos ácidos é mais rápida que a do N, ocorre uma redução na relação C/N (Sanches, 1976) e, como consequência, uma maior liberação de N mineral. A partir de valores inferiores a esse, ocorre a liberação de  $\text{NH}_4^+$ .

A influência do pH sobre as atividades dos microorganismos do solo que controlam os processos de amonificação, nitrificação, desnitrificação e fixação biológica é bastante conhecido. Os principais efeitos do pH sobre a mineralização da matéria orgânica podem ser resumidas em:

- a) a mineralização de nitrogênio orgânico ocorre em toda a faixa de pH do solo, porém, a taxa diminui gradativamente a valores de pH inferiores a 6,0-6,5;
- b) a taxa de nitrificação é ótima na faixa de pH entre 6,6 e 8,0, reduz progressivamente com a diminuição do pH, atingindo valores insignificantes a pH menor que 4,5;
- c) a faixa ideal de pH para desnitrificação é 7,0 a 7,5, atingindo valores bem menores a pH 5,0;
- d) as perdas de amônia por volatilização é altamente dependente do pH, aumentando a probabilidade de ocorrência acima de pH 7,0.

## Manejo do nitrogênio

Embora seja amplamente conhecida a necessidade de adicionar N aos cultivos de gramíneas, seja como fertilizante, seja através da fixação biológica, para complementar o N do solo e assegurar rendimentos elevados, o agricultor se vê diante de um dilema ao decidir quanto aplicar. A dificuldade decorre da falta de um método de análise de solo adaptado às condições de rotina dos laboratórios, que indique a disponibilidade de N para as plantas durante o ciclo, como ocorre para P, K e micronutrientes. A dinâmica de N no solo, medida pela atividade dos microorganismos, é afetada pelas condições climáticas (umidade, temperatura), reação do solo e pelo sistema de cultivo.

Em SPD, a ausência de revolvimento do solo resulta, ao longo do tempo, em aumen-

to significativo do teor de matéria orgânica (MO) do solo, devido, principalmente, à redução na taxa de decomposição.

Trabalhos realizados por Sá (1996) no estado do Paraná, incluindo dois tipos de solo, sistema de cultivo, manejo de N (doses, época e modo de aplicação) ilustram os efeitos da relação da rotação de cultura e do manejo de N sobre o rendimento de milho em SPD. O fluxo de liberação de N ao sistema é influenciado pela presença de maior ou menor relação C/N. A utilização de uma leguminosa (ervilhaca comum ou tremoço-azul), antecedendo ao milho, proporcionou redução na dose de N em relação à aveia preta, em 40% a 60%. A resposta do milho a N foi mais acentuada, quando em sucessão à aveia preta, situando-se na faixa 34 kg  $\text{ha}^{-1}$  a 143 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N, do que milho em sucessão à leguminosa (ervilhaca comum ou tremoço-azul), com maior freqüência de resposta a N entre 26 kg  $\text{ha}^{-1}$  e 50 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N. Na rotação aveia preta/milho, o N aplicado na semeadura apresentou maior eficiência em relação à aplicação em cobertura no estádio V6. A dose de 30kg/ha de N na semeadura respondeu por 42% a 88% do ganho com a adubação nitrogenada. O retorno em quilograma de milho por quilograma de N aplicado na semeadura foi de 31kg até 90kg, enquanto a aplicação em cobertura proporcionou um ganho de até 30kg. Na Região Sul (Sá, 1999), em áreas estabilizadas, com mais de cinco anos de adoção do SPD, recomendam-se aplicar, na semeadura, 30 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N na rotação gramínea/milho e 15 kg  $\text{ha}^{-1}$  a 20 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N no sistema leguminosa/milho ou consórcio gramínea-leguminosa/milho. No sistema com leguminosa, sugere-se redução de 50% na dose de N destinada para adubação de cobertura do milho. A recomendação de uso 30 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N na semeadura, na rotação gramínea/milho, pressupõe a formação de palhada na superfície do solo. Na região do Cerrado do Brasil Central, a taxa de decomposição dos restos de cultura que ficam na superfície do solo no SPD é elevada (Silva et al., 1994, Carvalho et al., 1999 e Damaso et al., 1999), reduzindo a formação de palhada na superfície. Não se deve,

portanto, generalizar a recomendação de uso de maior quantidade de N na semeadura em SPD.

Muitos trabalhos têm sido realizados na região tropical, comparando fontes de fertilizantes nitrogenadas para gramíneas (Sanches, 1976). Cantarella & Raij (1986) sumariaram os resultados de pesquisas realizadas no estado de São Paulo, comparando as principais fontes de fertilizantes nitrogenados em diversas culturas. Os resultados indicam que, de modo geral, todas as fontes solúveis de N têm comportamento similar, quando devidamente manejadas. Estes autores salientam que as diferenças observadas ocasionalmente entre as fontes solúveis de N, devem estar associadas à presença de íons ou à de elementos acompanhantes, como o enxofre (S) no sulfato de amônio, ou ao efeito que alguns fertilizantes nitrogenados exercem sobre a reação do solo. Coelho et al. (1992) encontraram comportamento similar de uréia e sulfato de amônio na produção de milho cultivado em um solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa.

A uréia requer cuidados especiais para reduzir as perdas por volatilização de amônia. Quando aplicada na superfície do solo ou sob restos culturais, pode ocorrer perda de até 54% (Lara Cabezas et al., 2000). Sua incorporação a uma profundidade de 5cm a 8cm reduz as perdas a valores desprezíveis. Para fontes como sulfato de amônio e nitrato de amônio, quando aplicados na superfície, as perdas são inferiores a 15% (Lara Cabezas et al., 1997).

Devido à mobilidade do N no solo, na forma de nitrato, o manejo dos fertilizantes nitrogenados, é da maior importância para se reduzir perdas e aumentar a eficiência de uso pelas culturas.

A época e o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura são funções do tipo de solo, da dose de N e do regime hídrico da região. Alves et al. (1992) compararam a aplicação de N-uréia no solo e via água de irrigação, para milho cultivado em dois latossolos, diferindo quanto à classe textural. Verificaram que a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N pelo método convencional, ou seja, uréia incorporada ao solo em sulcos ao lado da planta, no estádio de desenvolvimento

correspondente a oito folhas, resultou em produção de grãos semelhante à uréia aplicada via água de irrigação, parcelada em duas, quatro ou seis vezes (Quadro 3). Esse resultado é explicado, pelo menos em parte, pela baixa taxa de nitrificação em nossos solos, condicionada pela acidez elevada. Os resultados de Novais et al. (1974), Neptune (1977) e Grove et al. (1980) mostram que a adubação nitrogenada em cobertura, aplicada em dose única, na fase inicial de maior exigência da cultura, ou seja, 25 a 40 dias após a emergência, foi tão ou mais eficiente do que o seu parcelamento em duas ou mais vezes.

Ensaio conduzido por Lara Cabezas (1998), com a cultura do milho em SPD, indicou que, para doses de até 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, pode ser feita a cobertura em uma única época.

Para as condições do Brasil, de acordo com as informações disponíveis, Coelho et al. (1991) sugerem que, em geral, deve-se parcelar a adubação nitrogenada em cobertura sob as seguintes condições:

- a) altas doses de N (120 a 200 kg ha<sup>-1</sup>);
- b) solos de textura arenosa;
- c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade.

Uma única aplicação deve ser feita sob as seguintes condições:

- a) doses de N baixas a médias (60 a 100 kg ha<sup>-1</sup>);

- b) solos de textura média e/ou argilosa;
- c) plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente.

Ao contrário do que ocorre com os outros nutrientes, para o N não existe um método rápido de laboratório que indique o nível de fertilidade, para decidir se deve ou não adubar. As recomendações baseiam-se em outros parâmetros como: curvas de resposta, capacidade do solo em suprir N, expectativa de produção, histórico da área, extração pela cultura e eficiência de uso.

Dados de pesquisa de Grove (1979) e Coelho et al. (1991) indicam que, em média, os solos brasileiros podem suprir cerca de 60 kg ha<sup>-1</sup> a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, desde que os outros fatores de produção não sejam limitantes. A expectativa de produção é difícil de ser estimada, porém, com base na experiência com a cultura e em tetos de produtividade ao longo dos anos na região, é possível se ter idéia da produtividade que pode ser alcançada. O histórico da área, no que diz respeito à sucessão e rotação de culturas, sistema de cultivo (mínimo ou convencional) e o número de anos de exploração, são fatores que afetam a quantidade de fertilizante a ser aplicada. Na rotação soja/milho, a economia em fertilizantes nitrogenados para a cultura de milho pode chegar a 50% (Sá, 1999). Por outro lado, são necessários cerca de 10kg de N para a produção de uma tonelada de matéria

QUADRO 3 - Produção de grãos de milho em função do método de aplicação e do parcelamento do nitrogênio na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>

Método de aplicação	Épocas de aplicação - Dae <sup>(1)</sup>						Produção de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	30	37	44	51	58	65	S. Lagoas <sup>(2)</sup>	Janaúba <sup>(3)</sup>
	(% de N aplicado)							
Via água	50	-	50	-	-	-	6.590	7.680
Via água	25	25	25	25	-	-	7.140	8.390
Via água	25	25	15	15	10	10	6.900	8.120
Solo/água	50	-	50	-	-	-	6.940	8.550
Solo	-	100	-	-	-	-	6.800	8.990
Testemunha							4.290	6.390

FONTE: Dados básicos: Alves et al. (1992).

(1) Dae - Dias após a emergência. (2) Sete Lagoas - Latossolo Vermelho-Escuro distrófico - textura argilosa. (3) Janaúba - Latossolo Vermelho-Amarelo - textura média.

seca, considerando 1,0% de N na planta, com base no peso seco. Grove et al. (1980) e Coelho et al. (1992) indicam que a concentração de N na parte aérea (grãos + palhada) do milho, para produtividades elevadas, é de 1,18% e 1,06%, respectivamente.

Quanto à eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados, definida como a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante, é de 50% a 60%, segundo dados de Coelho et al. (1991), determinadas utilizando fertilizante marcado com  $^{15}\text{N}$ .

Esses dados possibilitam estabelecer um modelo de recomendação de adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho. Exemplificando: se um dado solo supre N, para produzir 6 t de matéria seca/ha (grãos + palha), e se a produtividade esperada é de 16 t ha $^{-1}$ , é necessário fornecer N, na forma de fertilizantes, para as 10 t adicionais. Como para cada tonelada são necessários 10kg de N e, se a eficiência do fertilizante é 60%, deve-se aplicar 140 kg ha $^{-1}$  de N. Na rotação soja/milho, em SPD já estabilizado, sugere-se reduzir a quantidade de N em 50%, na adubação do milho.

## ADUBAÇÃO COM FÓSFORO

O SPD, no que se refere ao P, diferencia do convencional nos seguintes aspectos:

- as aplicações anuais de fertilizantes fosfatados resultam num acúmulo superficial do P, sobretudo nos primeiros 5 ou 10cm de profundidade;
- o não revolvimento do solo reduz o contato do íon fosfato com os coloides, diminuindo as reações de adsorção;
- a decomposição lenta e gradual dos resíduos das plantas acarreta uma liberação de formas orgânicas de P mais estáveis e menos sujeitas às reações de adsorção (Muzilli, 1983, Sidiras & Pavan, 1985, Sá, 1999, Caires, 2000 e Sousa & Lobato, 2000).

Numa abordagem sobre a importância do P orgânico no solo, Novais & Smyth (1999) salientam que em condições de alta tecnologia, como a adotada em Cerrados, com a maciça aplicação de fertilizantes

fosfatados, a contribuição dessa forma de P para o crescimento das plantas deve ser irrelevante. Entende-se que isso é o que ocorre no sistema convencional de cultivo. Por outro lado, estes autores também salientam que em condições não-favoráveis à mineralização de resíduos orgânicos, o acúmulo de matéria orgânica seria uma solução para estocar nutrientes e que a mineralização da fase orgânica garantiria o suprimento mais gradual, como um fertilizante de liberação lenta de P e de outros nutrientes, para o excelente crescimento de plantas, como o eucalipto, o café, pastagens etc., nessas condições. Embora Novais & Smyth (1999) não tivessem em mente na discussão o SPD, considera-se que o assunto focalizado seja pertinente para este sistema, uma vez que ele preconiza o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo.

No tocante ao efeito do P aplicado, estudos realizados no Paraná, por Sá (1999), têm mostrado respostas pouco expressivas das culturas à adubação fosfatada em SPD. Avaliando a amplitude de resposta da cultura do milho em diversos solos, observou-se que o nível de resposta situou-se entre 30 e 60 kg ha $^{-1}$  de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Essa maior eficiência de aproveitamento do P, segundo Caires (2000), tem sido atribuída, entre outras explicações, ao menor contato entre o fertilizante e as partículas do solo, promovido pela ausência de revolvimento, e a presença de resíduos vegetais na superfície do solo, que propicia maior umidade, facilitando o processo de difusão do P até as raízes.

Outro aspecto que merece atenção é a eficiência das fontes de P (solúvel em água e natural) e do modo de aplicação (a lanço e no sulco de semeadura). A esse respeito, em trabalho conduzido por Souza et al., citados por Souza & Lobato (2000), por um período de seis anos, com a cultura da soja, em Latossolo Vermelho-Escuro muito argiloso, muito pobre em P, em Planaltina, DF, avaliou-se o comportamento do superfosfato triplo e o do fosfato natural reativo de Gafsa, na dose de 80 kg ha $^{-1}$  ano $^{-1}$  de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados a lanço e no sulco de semeadura no SPD e no SPC. Observou-se que, com a aplicação do superfosfato triplo no sulco

de semeadura, as produtividades de grãos não diferenciam entre si nos dois sistemas de cultivo, enquanto que, para aplicação a lanço, o SPD proporcionou menores produtividades nos três primeiros anos, não diferindo do sistema convencional nos anos seguintes. Por sua vez, quando a fonte de P usada foi o fosfato natural de Gafsa, no SPD as produtividades de grãos de soja foram inferiores às do sistema convencional em todos os cultivos. Pelos resultados desse trabalho ficou evidenciada a importância do revolvimento do solo na eficiência do fosfato natural. No caso do SPD, Sousa et al., citados por Sousa & Lobato (2000), relatam que esses fosfatos podem ser recomendados na adubação de manutenção apenas em solos com alta disponibilidade de P, em que o potencial de produção não seria limitado pela ausência de aplicação desse nutriente. Para as fontes solúveis, no SPD, quando o solo apresentar teor de P abaixo do nível considerado médio, é sugerido dar preferência para aplicação no sulco de semeadura. No entanto, para solos com elevado teor de P disponível, pode-se aplicar o fertilizante, indistintamente, no sulco ou a lanço.

## ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO

No SPD o K aplicado tende a acumular nos primeiros centímetros do solo, principalmente na camada de 0-5cm (Muzilli, 1983), devido à maior capacidade de troca de cátions (CTC) nessa camada originada pelo acúmulo da matéria orgânica com o não revolvimento do solo. Entretanto, como as alterações na disponibilidade de K não são tão marcantes no SPD e por serem as produtividades das culturas semelhantes nos dois sistemas de cultivo, as recomendações de adubação potássica têm sido as mesmas daquelas preconizadas para o SPC.

Não se espera diferença de eficiência da adubação potássica, quando feita a lanço ou no sulco de semeadura. No entanto, é indicado dar preferência à aplicação a lanço ou parcelada no sulco e em cobertura em áreas com CTC inferior a 4 cmol $_{\text{c}}/\text{dm}^3$  (Sousa & Lobato, 2000).

No caso do potássio, considerando-se

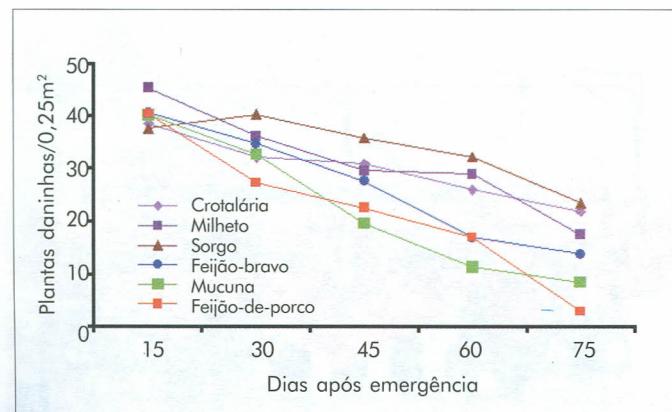


Gráfico 4 - População de plantas daninhas em  $0,25\text{m}^2$ , estabelecida em parcelas cultivadas com diferentes plantas de cobertura de solo

FONTE: Bolívar Q. & Alvarenga (2000).

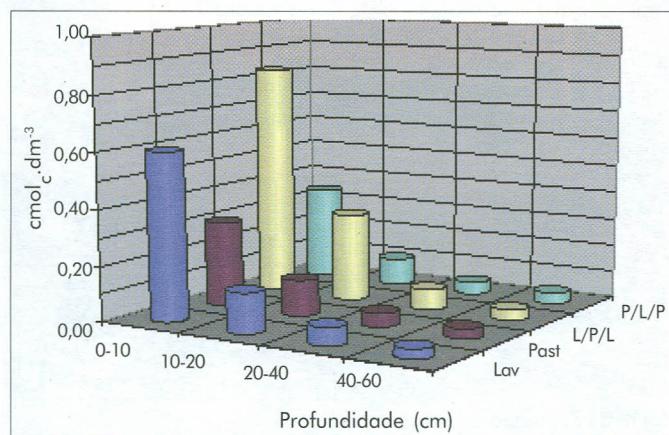


Gráfico 12 - Teor de potássio no solo após cinco anos de diferentes sistemas de produção nas profundidades de 0 a 0,60m no SPD - Maracaju, MS

FONTE: Salton et al. (1999b).

NOTA: Lav - Lavoura contínua; Past - Pastagem contínua; L/P/L - Rotação lavoura/pastagem; P/L/P - Rotação pastagem/lavoura.

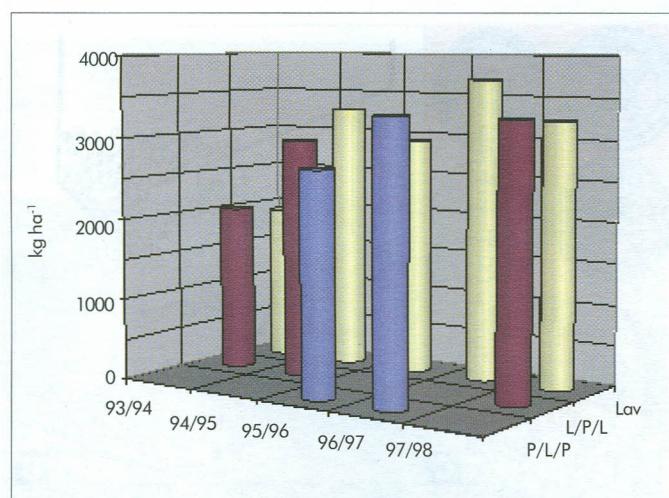


Gráfico 18 - Produtividade de soja obtida durante cinco safras em diferentes sistemas de produção no SPD - Maracaju, MS, em 1998

NOTA: Lav - Lavoura contínua; L/P/L - Rotação lavoura/pastagem; P/L/P - Rotação pastagem/lavoura.

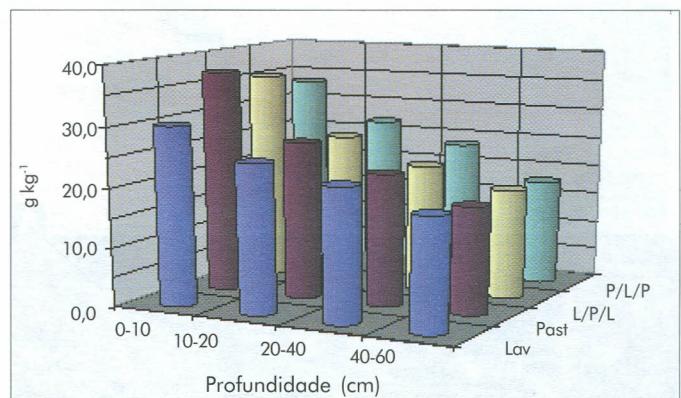
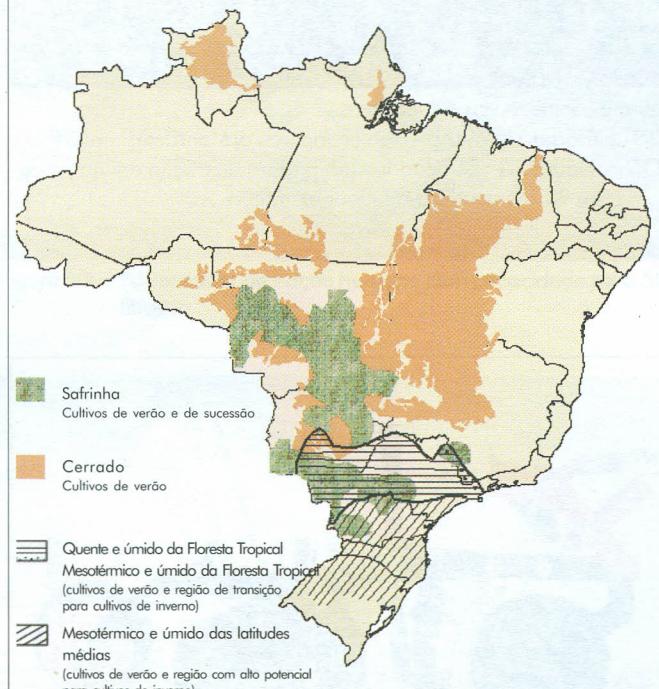


Gráfico 11 - Teor de MO no solo após cinco anos de diferentes sistemas de produção nas profundidades de 0 a 0,60m no SPD

FONTE: Salton et al. (1999b).

NOTA: Lav - Lavoura contínua; Past - Pastagem contínua; L/P/L - Rotação lavoura/pastagem; P/L/P - Rotação pastagem/lavoura.

### POTENCIAL DE CULTIVO DE PLANTAS DE COBERTURA EM REGIÕES GEOCLIMÁTICAS DO BRASIL (1ª aproximação)



AUTORIA: Avellar, G.  
Geoprocessamento Embrapa Milho e Sorgo-2001

Figura 1 - Regiões geoclimáticas do Brasil mostrando a viabilidade de cultivo de plantas de cobertura - 1ª aproximação



Figura 2 - Semeadoras-adubadoras

FONTE: (Figura 2A) Werner (1999) e (Figura 2B) Manchete Rural (1997).  
NOTA: Figura 2A - Semeadora-adubadora de tração animal; Figura 2B - Semeadora-adubadora manual.



Figura 3 - Semeadoras tratorizadas

FONTE: (Figura 3B) Vence Tudo (1999).  
NOTA: Figura 3A - Semeadora atrelada (de arraste); Figura 3B - Semeadora acoplada (hidráulica).

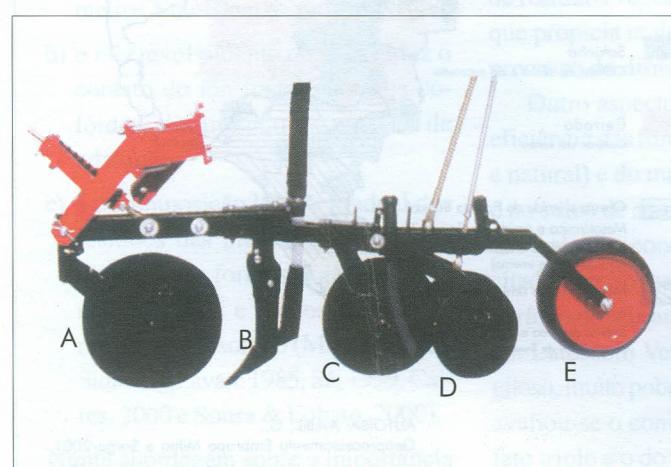


Figura 4 - Mecanismos da semeadora envolvidos no plantio

FONTE: Vence Tudo (1999).  
NOTA: A - Disco de corte de palha; B - Facão; C - Disco duplo defensor; D - Disco de cobertura da semente; E - Roda compactadora.

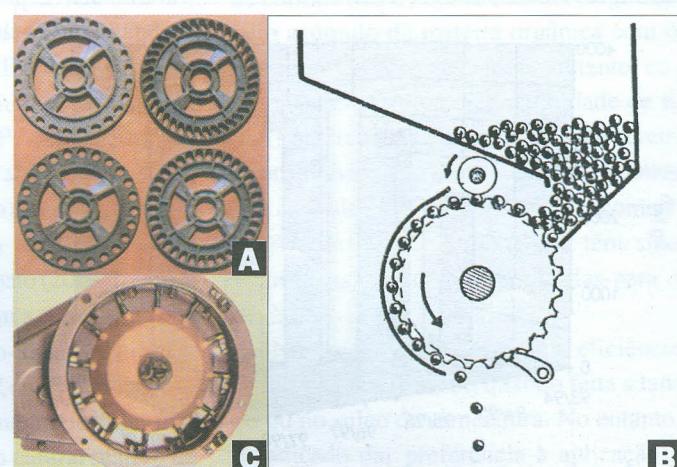


Figura 5 - Dosadores de sementes

FONTE: (Figuras 5A e 5C) Semeato (1994) e (Figura 5B) Candelon (1983).  
NOTA: Figura 5A - Discos horizontais; Figura 5B - Discos verticais; Figura 5C - Dedos preensores.

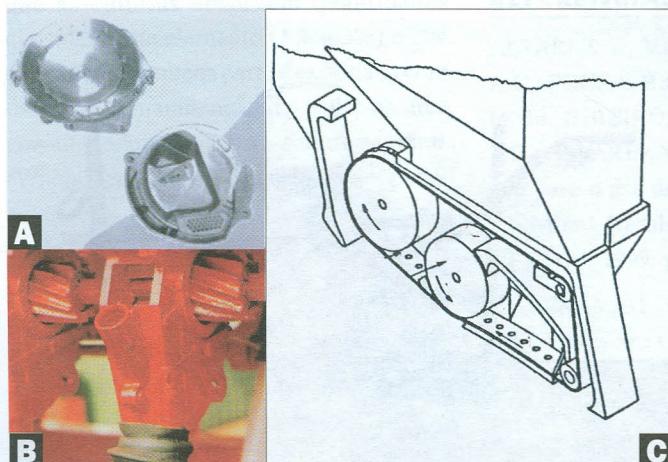


Figura 6 - Dosadores de sementes

FONTE: (Figura 6A) Jumil (2000), (Figura 6B) Semeato (1994) e (Figura 6C) Balastreire (1990).

NOTA: Figura 6A - Dosador pneumático; Figura 6B - Dosador tipo cilindro canelado; Figura 6C - Correias perfuradas.

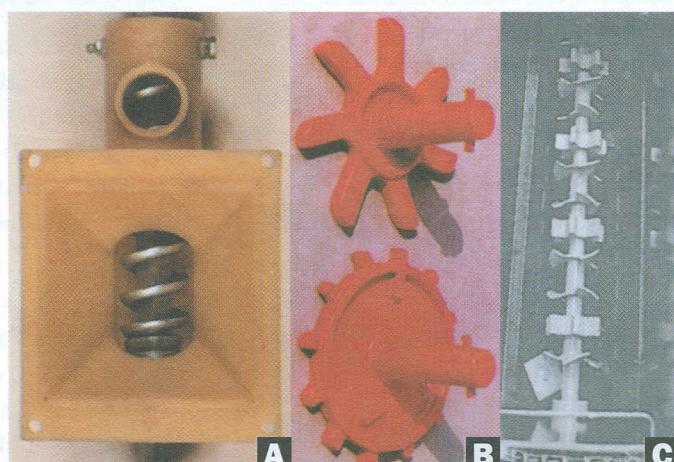


Figura 7 - Dosadores de adubo

FONTE: (Figura 7A) Semeato (1994) e (Figura 7B) Vence Tudo (1999).

NOTA: Figura 7A - Rotor helicoidal ou rosca sem-fim; Figura 7B - Rotor dentado; Figura 7C - Rotor vertical impulsor.



Figura 9 - Pulverizador de tração humana com capacidade para 20 litros



Figura 10 - Pulverizador de tração humana com capacidade para 50 litros



Figura 11 - Pulverizador de tração animal



Figura 13 - Semeadora-adubadora de plantio direto de tração animal - Iadel



Figura 14 - Semeadora-adubadora de plantio direto de tração animal - Triton modelo Ryc



Figura 15 - Semeadora-adubadora de plantio direto de tração animal de uma linha - Mafrensi



Figura 16 - Semeadora-adubadora de plantio direto de tração animal de duas linhas - Mafrensi

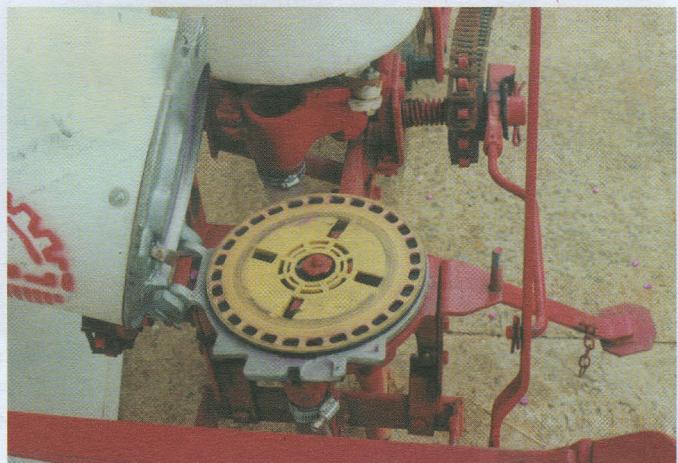


Figura 17 - Mecanismo dosador de sementes, com diversas opções de discos dosadores



Figura 18 - Semeadora-adubadora de plantio direto de tração animal - Werner



Figura 19 - Semeadora-adubadora de cultivo mínimo - Fitarelli

**NOTA:** Figura 5A - Disco horizontal; Figura 5B - Discos verticais;  
Figura 5C - Dedos prensores.

que as culturas absorvem quantidades elevadas deste elemento (1% a 3%) e que apenas uma pequena parte é exportada com os grãos, a manutenção da palha na área constitui adubação para a cultura seguinte (Wiethölder, 2000). Neste raciocínio, pode-se sugerir, para solos bem supridos em potássio, aplicar a quantidade equivalente à exportação das culturas, seja pelos grãos, seja pela biomassa no caso de forragem. As seguintes quantidades médias de K<sub>2</sub>O, em kg t<sup>-1</sup> de grãos para diversas culturas, extraídas de Wiethölder (2000), são indicativos do que deveria ser reposto: Trigo - 5,3; Cevada - 6,1; Aveia - 5,3; Triticale - 5,1; Centeio - 5,4; Milho - 6,0; Sorgo - 4,2; Arroz - 2,9; Feijão - 15,0; Soja - 20,0. No caso da cultura do milho para silagem, com base em resultados apresentados em Coelho & França (1995), seriam exportados de K<sub>2</sub>O em torno de 15kg t<sup>-1</sup> de matéria seca.

## ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

Pela pobreza natural em alguns micronutrientes, os solos de Cerrado têm-se mostrado propensos ao aparecimento de deficiências, dentre elas a de zinco (Zn), de cobre (Cu), de boro (B) e de molibdênio (Mo). Pelos cultivos sucessivos, não se pode descartar, também, o aparecimento da deficiência de Mn.

Tem-se alertado sobre a possibilidade de ocorrer deficiências de Zn e de Mn, devido à calagem superficial no SPD, o que promove valores elevados de pH nos primeiros centímetros de solo. Trabalhos conduzidos por Sá (1999), em Latossolos Vermelho-Escuro do estado do Paraná, no entanto, não confirmam essa possibilidade. Nesses trabalhos, não se observaram sintomas de deficiência de Zn, nos cultivos de milho, e de Mn, nos de soja, tanto na aplicação do calcário em superfície, quanto nos tratamentos com sua incorporação. Apesar disso, para garantir maior eficiência do Zn, do Cu e do Mn, especialmente em áreas recém-corrigidas com calcário, deve-se dar preferência no SPD pela aplicação desses micronutrientes no sulco de sementeira com o fertilizante (Sousa & Lobato, 2000).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.67-78.
- ALVES, V. M. C.; FRANÇA, G. E. de; RESENDE, M.; COELHO, A.M.; SANTOS, N.C. dos; LEITE, C. E. do P. Aplicação de fertilizantes nitrogenados via água de irrigação. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1988-1991**. Sete Lagoas, 1992. v.5, p.32-34.
- ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro, PR: Fundação ABC, 1995. p.274-284.
- BORGES, G.O. Sustentabilidade agrícola e o sistema de plantio direto na palha. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 1., 1998, Viçosa. **Resumos das palestras...** Viçosa: UFV, 1998. p.7-17.
- CAIRES, E.F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Fertibio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.
- \_\_\_\_\_ ; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.161-169, jan./mar. 2000.
- \_\_\_\_\_ ; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, jan./mar. 1998.
- \_\_\_\_\_ ; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, abr./jun. 1999.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: SANTANA M.B.M. (Coord.). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, 1986. p.47-49.
- CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Amostragem do solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.13-20.
- CARVALHO, A.M.; DAMASO, F.H.M.; CARNEIRO, R.G. Decomposição dos resíduos de espécies vegetais em sistemas de plantio direto e adubação verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1999. CD-ROM.
- CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; IGUE, K. Resposta do cafeiro à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.5, p.573-582, maio 1984.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de. Nutrição e adubação. 2.ed.aum. In: POTAPOS. **Seja o doutor do seu milho**. Piracicaba, 1995. p.1-9. (POTAPOS. Arquivo do Agrônomo, 2).
- \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; BAHIA FILHO A.F.C. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção**. Sete Lagoas, 1991. p.29-43. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 14).
- \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.61-67, jan./abr. 1992.
- DAMASO, F.H.M.; CARVALHO, A.M.; MOURA, L.L.; SODRÉ FILHO, J. Eficiência de cobertura do solo por espécies vegetais na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999,

- Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA-CAPAC, 1999. CD-ROM.
- FIORIN, J.E.; CANAL, I.N.; CAMPOS, B.C. Fertilidade do solo. In: CAMPOS, B.C. (Coord.). **A cultura do milho no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1998. p.15-54.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.533-542, jul./set. 1999.
- GROVE, L.T. **Nitrogen fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics**. New York: Cornell University, 1979. 27p.
- \_\_\_\_\_; RITHEY, K. D.; NADERMAN JUNIOR, G.C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brasil. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.2, p.261-265, Mar./Apr. 1980.
- LARA CABEZAS, W.A.R. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1., 1998, Rio Verde, GO. **Resumos de palestras...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. p. 78-92.
- \_\_\_\_\_; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho - II: avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.3, p.489-496, jul./set. 1997.
- \_\_\_\_\_; TRIVELIN, P.C.O.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.363-376, abr./jun. 2000.
- LOPES, A.S. Recomendações de calagem e adubação no sistema plantio direto: In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.93-98.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.411-416, set./dez. 1993.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, jan./abr. 1983.
- NEPTUNE, A.M.L. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação do nitrogênio na produção do milho, na quantidade de proteína na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar utilizando sulfato de amônio -<sup>15</sup>N. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba: v.34, p.515-539, 1977.
- NOVAIS, M.V. de; NOVAIS, R.F. de; BRAGA, J.M. Efeito da adubação nitrogenada e de seu parcelamento sobre a cultura do milho em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.115, p.193-202, maio/jun. 1974.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399p.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime and *Gypsum* applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.48, n.1, p.33-38, Jan./Feb. 1984.
- RITCHIEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.1, p.40-44, Jan./Feb. 1980.
- SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96p.
- \_\_\_\_\_. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS, 1999. p.267-319.
- \_\_\_\_\_. Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema de plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24p.
- \_\_\_\_\_. Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro, PR: Fundação ABC, 1995. p.9-20.
- SANCHES, P.A. Nitrogen. In: \_\_\_\_\_ Properties and management of soils in tropics. Raleigh: North Caroline State University, 1976. p.184-222.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.249-254, set./dez. 1985.
- \_\_\_\_\_; VIEIRA, M.J. Comportamento de um Latossolo Roxo distrófico compactado pelas rodas do trator na semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.10, p.1285-1293, out. 1984.
- SILVA, D.B.; MEDEIROS, C.A.B.; FRANZ, C.A.B. Manejo de Latossolo sob irrigação na região dos Cerrados. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, 1994. p.274-276.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência no cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Fertibio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.
- SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CAPAC, 1986. p.167-202.
- SUMNER, M.E.; PAVAN, M.A. Alleviating soil acidity through organic matter management. In: ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAPOS, 2000. CD-ROM.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Fertibio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.