

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FORMULAÇÕES  
DE FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO  
DIRETO**

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 20/01/2003

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Quintão Lana  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki  
(Membro da Banca)

---

Prof. Dr. Luiz Antônio Castro Chagas  
(Membro da Banca)

Uberlândia - MG  
Janeiro - 2003

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me dado esta oportunidade, além de saúde e força para cumprir com minhas responsabilidades.

Agradeço aos meus pais Valdemar Bisinoto e Sônia Ap. Neves Bisinoto, pela oportunidade que me deram, através de muito esforço, de concluir este curso.

Agradeço a minha orientadora, prof<sup>a</sup> Regina Maria Quintão Lana, pela orientação, dedicação e paciência.

Agradeço aos meus conselheiros prof. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki e Luiz Antônio Castro Chagas pelo auxílio prestado que muito me fez crescer.

À minha namorada Renata, que sempre esteve ao meu lado me apoiando nos momentos em que eu mais precisei.

Aos funcionários das fazendas Capim Branco, pelos serviços e favores prestados.

Aos amigos da república Curva de Rio, Marcelo, Baiano, Jorge, Sérgio, Kleyton, Luís Felipe, Júlio, Rondineli, e a todos que, de uma maneira direta ou indireta, contribuíram para o meu sucesso.

## INDICE

### RESUMO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Altura da 1ª vagem.....	19
4.2. Peso de 100 sementes.....	20
4.3. Teor de fósforo e potássio foliar.....	20
4.4. Produtividade de grãos.....	22
5. CONCLUSÃO.....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
APÊNDICE.....	32

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo comparar a eficiência de duas formulações (00-16-16 e 00-20-20), em duas épocas (pré-semeadura e semeadura) e dois métodos de aplicação (no sulco e a lanço), sobre os caracteres produtividade de grãos, variedade conquista, peso de 100 sementes, altura da 1ª vagem, teor de fósforo foliar e potássio foliar. O experimento foi instalado na Fazenda Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia-MG, em setembro de 2001. Utilizou-se de blocos casualizados com seis tratamentos em cinco repetições, sendo: 1-Adubação no sulco em pré-semeadura com 00-20-20 ( $500\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); 2-Adubação no sulco em pré-semeadura com 00-16-16 ( $625\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fosmag 530 E6); 3-Adubação no sulco na semeadura com 00-20-20 ( $500\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); 4-Adubação no sulco na semeadura com 00-16-16 ( $625\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fosmag 530 E6); 5-Adubação a lanço em pré-semeadura com 00-20-20 ( $500\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); 6-Adubação a lanço em pré-semeadura com 00-16-16 ( $625\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de fosmag 530 E6). As formulações contêm quantidades iguais de  $100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$   $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . As parcelas foram constituídas de seis linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,45 metros, correspondendo a uma área total por parcela de  $13,5\text{ m}^2$ , visando-se um estande em torno de 12 plantas por metro linear, sendo considerada parcela útil as duas linhas centrais eliminando-se 0,5 metros em cada extremidade ( $3,6\text{ m}^2$ ). Foram avaliados a produção de grãos, peso de 100 sementes, altura da 1ª vagem em relação ao

solo, teor de fósforo foliar e potássio foliar. Com os dados coletados e utilizando-se do programa estatístico Estat fez-se as análises de teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nas condições em que foi conduzido o experimento pode-se concluir que, não observou diferença significativa entre métodos de aplicação dos fertilizantes fosfatado e potássico, épocas de aplicação e formulações nos caracteres avaliados.

## **1-INTRODUÇÃO**

A soja é um dos principais produtos agrícolas brasileiros, com uma produção de aproximadamente 36 milhões de toneladas, no ano de 2001, sendo o segundo maior produtor mundial, superado apenas pelos Estados Unidos.

Um dos fatores limitantes à produção, nos solos de cerrado, deve-se a baixa fertilidade, alta acidez e elevada taxa de fixação. Por estas razões, as adubações são geralmente elevadas em fósforo, apesar de que, este é extraído pelas culturas em menores quantidades que o nitrogênio e o potássio.

Dentre os vários fatores de produção, a adubação racional e eficiente ocupa lugar de destaque, tanto em termos quantitativos como qualitativos dos produtos agrícolas. Por outro lado, os fertilizantes representam também uma razoável parcela nos custos de produção, justificando um esforço considerável do agricultor e do técnico para fazer o uso mais eficiente possível da adubação, a fim de obter a produtividade máxima econômica.

Um ponto relevante nesse aspecto é que a eficiência na adubação não depende apenas das doses ou quantidades a serem aplicadas. Existe uma série de outros fatores circunstanciais que devem ser do conhecimento do técnico e do agricultor, a fim de se obter melhor eficiência do produto. Neste sentido, pode-se citar o balanço de nutrientes do solo, a interação entre os íons, o método de preparo do solo, a solubilidade das fontes, o método de aplicação dos fertilizantes e outros.

A característica que melhor avalia uma fonte de fósforo, do ponto de vista agrônômico, é a sua eficiência em fornecer o nutriente para as plantas, ou seja, sua capacidade de provocar um maior acréscimo de rendimento por unidade de fósforo aplicado.

A distribuição de nutrientes no perfil do solo é determinado pelo método de aplicação dos adubos e do seu grau de mistura com o solo. Combinações de métodos de preparo e métodos de adubação resultam em uma variedade de frações fertilizadas de solo, e concentrações diferenciadas de nutrientes. Preparos com menor mobilização do solo favorecem o acúmulo de nutrientes, tais como o fósforo, potássio, cálcio e magnésio, na camada superficial (0-5 cm). No sistema de plantio direto observa-se aumento da capacidade de troca de cátions, carbono orgânico e nitrogênio total, podendo haver redução da saturação de alumínio, observáveis a partir de um período de 4 a 5 anos no estabelecimento dos sistemas.

A pesquisa, de um modo geral, tem-se restringido a comparações entre aplicações a lanço, com incorporação do fertilizante ao solo, e aplicações no sulco, junto ou ao lado da linha de semeadura. Essas aplicações representam situações extrema, existindo posições intermediárias que podem propiciar mais eficiência do adubo fosfatado solúvel.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo comparar a eficiência de duas formulações de fertilizantes fosfatados e potássicos, ambos com micronutrientes, em dois métodos de aplicação e duas épocas de aplicação, sob sistema de plantio direto.

## **2 – REVISÃO DE LITERATURA**

A geração de tecnologia e o melhoramento contribuíram para que o Brasil aumentasse sua produção de soja, passando a ocupar o segundo lugar entre os maiores produtores de soja do mundo. Em 1975 a produção brasileira não passava de 10 milhões de toneladas ao ano. Em 2001, o País já produz cerca de 36 milhões de toneladas, sendo a região central do Brasil responsável por 50% dessa produção. (EMBRAPA, 2001)

O fósforo e o potássio são os elementos que promovem uma maior produtividade para a soja, pois segundo dados de pesquisa para uma produção de grãos de 3400 kg ha<sup>-1</sup> a cultura extrai em média 330 kg ha<sup>-1</sup> de N, 64 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 141 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, observando-se assim que se trata de uma cultura altamente exigente em nutrientes (SEDIYAMA et al., 1993).

Borges Filho; Fernandes Filho (1998), analisaram a evolução recente e as perspectivas para o avanço do uso da técnica do plantio direto na agricultura dos cerrados.

Colocaram que um dos principais determinantes do avanço da técnica foi o processo de globalização. Mostraram que o uso da técnica pelos produtores tem como objetivo manter e, ou expandir a sua participação nesse mercado globalizado. Isto porque ajuda a reduzir custos de produção e evitar barreiras ao comércio exterior, por alegação de que o processo de produção tenha causado danos ambientais.

O Fosmag 530 E6 contém em sua fórmula além de 16% de fósforo e 16% de potássio, determinada quantidade de cálcio, enxofre, magnésio e micronutrientes. O fósforo encontra-se em uma forma totalmente disponível e solúvel em citrato neutro de amônia mais água, porém de liberação gradual, o mesmo encontra-se ligado ao magnésio, favorecendo sua absorção pelas plantas devido ao efeito sinérgico e reduzindo a fixação pelo solo. O cálcio encontra-se na forma de sulfato, o que possibilita a redução da saturação de alumínio em camadas mais profundas, uma vez que o sulfato existente nesse material pode carrear o cálcio para camadas abaixo de 40 cm, permitindo o aprofundamento das raízes, que explorarão maior volume de solo em busca de água e de nutrientes, suportando melhores condições de stress hídrico. Os micronutrientes, particularmente o boro e o molibdênio são importantes no processo de fixação simbiótica de nitrogênio pelas bactérias do gênero *Bradirhizobium*, obtendo-se melhores índices de produtividade .

Para uma produtividade adequada de soja, a quantidade total de fósforo acumulado em sua biomassa, grãos e parte vegetativa, fica em torno de 20 kg ha<sup>-1</sup>. Essa quantidade de fósforo deverá ser suprida pelo solo, com ou sem a ajuda de fertilizantes, como no caso de solos pobres, com a ajuda de fertilizantes, para que mais P-disponível entre em contato com a planta por fluxo difusivo (NOVAIS; SMYTH, 1999). Neste caso, a eficiência do multifosfato magnésiano, se deve em restrição ao que ocorre com o fosfato monocálcico, na

qual este com seu grânulo aplicado ao solo sofre uma penetração de água, liberando solução saturada de fósforo ácida, movendo-se para fora do grânulo e dissolvendo compostos de ferro, alumínio e manganês, onde mais distante do grânulo, esses compostos precipitam (RAIJ, 1991).

Devido ao custo dos adubos minerais e à dificuldade de transportá-los entre regiões, torna-se necessário aumentar a eficiência dos fertilizantes aplicados. Um dos aspectos importantes a considerar, neste sentido, está relacionado com o efeito residual que a aplicação destes insumos agrícolas causa nas culturas subsequentes (OLIVEIRA, 1992).

Em algumas espécies de leguminosas, como a soja e o feijão-caupi, este aspecto é duplamente importante, haja vista que os resíduos de adubação podem também afetar a nodulação e, conseqüentemente, seu potencial de fixação biológica do nitrogênio (OLIVEIRA, 1992).

O efeito residual da adubação fosfatada pode ser entendido como a quantidade do fósforo total aplicado que, depois de decorrido um espaço de tempo após a aplicação, ainda permanece no solo na forma disponível (MOSCHLER et al., 1957). A queda dos teores de fósforo no solo ocorrem pela conversão de formas mais solúveis em formas menos solúveis. Essa diminuição é influenciada pela dose, pelo método de aplicação, pela fonte de fósforo, pelo manejo e pelo pH do solo (YOST et al., 1981, e GOEDERT et al., 1984).

Como os solos de cerrado são ácidos, e possuem elevada fixação de fósforo, é necessário além de conhecer as características de cada solo, determinar quais delas podem ser mudadas, para minimizar os efeitos dessa fixação ou adsorção de fósforo. Uma alternativa para os solos do cerrado seria diminuir o reservatório de fósforo não-lábil,

através de redução do número de sítios de troca de energia, através da calagem e adição de matéria orgânica (GOEDERT; SOUZA, 1984).

O fósforo é o nutriente que permite maior economia no sistema de plantio direto. Segundo Muzilli (1985), o não revolvimento do solo reduz o contato entre os colóides e o íon fosfato, amenizando as reações de adsorção e reduzindo a fixação. Da mesma forma a mineralização lenta e gradual dos resíduos proporciona a liberação e redistribuição de formas orgânicas de fósforo mais estável e menos susceptíveis às reações de adsorção. Essas características, associadas a uma combinação de culturas com habilidades diferenciadas quanto à absorção e acumulação de fósforo (SÁ, 1993) e uma melhor eficiência de aproveitamento do mesmo pelas plantas, devido ao maior teor de umidade na camada arável, favorecendo a taxa de difusão do nutriente até as raízes (MUZILLI, 1985), tem demonstrado a possibilidade de redução de gastos com fertilizantes fosfatados em plantio direto.

Há uma relação direta entre fertilidade do solo e produtividade da planta, sendo mantidos os demais fatores de produção em níveis não limitantes. A planta tem seu crescimento diretamente dependente da concentração de fósforo na solução do solo, ou do fator intensidade (I), e, indiretamente, do fator quantidade (Q) e do fator capacidade de fósforo do solo (Q/I), que governam o valor de I. Os modelos de fósforo no solo, dada a imobilidade desse elemento no solo, são altamente dependentes da difusão, decorrente do suprimento desse elemento, da disponibilidade de água, compactação do solo, adição de fósforo e outros (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O potássio pode ser parcialmente lixiviado, encontrar prontamente disponível na solução do solo, ou ainda ser fixado em forma não disponível. No solo de cerrado, devido a

baixa CTC, o potássio é bastante lixiviado, e a cultura da soja apresenta respostas positivas. Ele exerce funções importantes, tais como aumento no número de vagens por planta, aumento na porcentagem de vagens granadas, aumento do tamanho da semente e aumento da resistência a certas doenças, Malavolta (1987).

O aumento de cargas positivas nos solos mais intemperizados e argilosos, como é o caso dos solos de cerrado, é a causa básica do caráter-dreno-P do solo. A situação oposta, ou seja, aumento de cargas negativas em solos menos intemperizados e argilosos, com o conseqüente aumento da adsorção de cátions ( $> CTC_{\text{efetiva}}$ ), como  $H^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , deveria fazer com que esses solos se comportassem como dreno, com relação a esses nutrientes. Todavia, isso não acontece, dada a manutenção do caráter trocável quando esses cátions são adsorvidos pelo solo, por causa da atração eletrostática envolvida. A ligação covalente (troca de ligantes) do fósforo com o solo (PARFITT, 1978), dada sua grande estabilidade, faz com que não haja analogia entre fósforo e potássio nas duas situações de intemperismo, maior ou menor. Portanto, quando se diz que a grandeza do dreno para potássio, por exemplo, aumenta com o intemperismo, isso significa que haverá maiores perdas de potássio por lixiviação com o decréscimo da  $CTC_{\text{efetiva}}$  do solo. Tanto para o fósforo como para o potássio há perdas (o sistema aumenta seu caráter-dreno) com o intemperismo do solo: para o primeiro, pela adsorção com limitada reversibilidade e, para o segundo, pela lixiviação, facilitada por sua baixa energia de adsorção. A adsorção de potássio pelo complexo de troca de um solo, em qualquer condição de intemperismo, significa reserva ou fonte imediatamente disponível, o que, para o fósforo, não é verdade, refletindo a magnitude do dreno-P (NOVAIS; SMITH, 1999).

Não somente a dose do adubo é importante, mas também o método de aplicação. Rosolem et al. (1979) observaram que a aplicação de KCl, em sulco, provocou produções menores que quando aplicado em área total. Mascarenhas et al. (1978) relatam que dependendo da concentração de potássio no complexo de troca do solo pode ocorrer até a morte das plantas de soja.

Cordeiro et al. (1979), testaram doses de até 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado à lanço e ao lado das sementes. Estes autores não encontraram respostas significativas ao potássio no primeiro ano de cultivo, mas a adubação com KCl à lanço, proporcionou maiores rendimentos do que o mesmo adubo aplicado no sulco de semeadura.

Com relação ao potássio aplicado no sistema de plantio direto, este tende a acumular nos primeiros centímetros do solo, principalmente na camada de 0 – 5 cm (MUZILLI,1983), devido à maior capacidade de troca de cátions (CTC) nessa camada originada pelo acúmulo de matéria orgânica com o não revolvimento do solo. A maior redistribuição do elemento no perfil do solo é atribuída à maior infiltração de água (SIDIRAS; VIEIRA, 1985).

Assim, no sistema de plantio direto, 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). E isto, sem dúvida reflete num diferente efeito sobre o método de aplicação dos fertilizantes em relação ao preparo convencional.

### 3-MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Capim Branco, Universidade Federal de Uberlândia – MG, no período de julho de 2001 a julho de 2002. O solo utilizado foi um LATOSSOLO VERMELHO Distrofíco, textura argilosa com 53% de argila, baixa acidez, baixo fósforo, com saturação de bases de 60%, conforme Tabelas 1 e 2.

Tabela 1.: Análise química do solo da área experimental, Fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, 1999

Prof. cm	pH água (1:2,5)	P mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al -----mmol/dm <sup>3</sup>	Al	SB	T	V -----%	m	MO g/kg
0-20	5,9	0,9	65,1	30	24	23	0,0	56,0	78,9	60	0,0	28

Observações: P, K = (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>N); Al, Ca, Mg = (KCl 1 N); M. O. = (Walkley-Black); SB = soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. por bases / m = Sat. por alumínio.

Tabela 2.: Análise física do solo da área experimental, Fazenda Capim Branco – UFU, Uberlândia-MG. 1999

Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
----- g / Kg <sup>-1</sup> -----			
230	170	70	530

O solo não foi revolvido, cultivo sob sistema de plantio direto, onde foram demarcadas as parcelas de 2,7 m de largura por 5,0 m de comprimento. De acordo com a análise (Tabela 1) não houve necessidade de fazer correção do solo para atingir V=50%, adequado para a soja.

O delineamento foi de blocos ao acaso, com arranjo fatorial 6 x 5, sendo seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram:

- 1- Adubação no sulco em pré-semeadura com 00-20-20 convencional;
- 2- Adubação no sulco em pré-semeadura com 00-16-16 (fosmag 530 E6);
- 3- Adubação no sulco na semeadura com 00-20-20 convencional;
- 4- Adubação no sulco na semeadura com 00-16-16 (fosmag 530 E6);
- 5- Adubação a lanço em pré-semeadura com 00-20-20 convencional;
- 6- Adubação a lanço em pré-semeadura com 00-16-16 (fosmag 530 E6);

As adubações de pré-semeadura foram realizadas com 60 dias de antecedência à semeadura da soja. A semeadura da soja, variedade Conquista, foi realizada em novembro de 2001, no sistema de plantio direto. As parcelas foram constituídas de seis linhas com cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,45 metros, correspondendo a uma área total por parcela de 13,5 m<sup>2</sup>, visando-se um estande em torno de 12 plantas por metro linear, sendo considerada parcela útil as duas linhas centrais eliminando-se 0,5 metros em cada extremidade (3,6 m<sup>2</sup>).

Em meados de outubro realizou-se a semeadura do milho a lanço, para formação de cobertura vegetal uma das características do plantio direto no experimento. A cultivar de soja usada foi a MG/BR-46 Conquista, cujas sementes foram tratadas com Carboxim + Thiram na dose de 250 ml/ 100 kg de sementes e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 200g/50 kg de semente. Semeou-se em novembro, no sistema de plantio direto com a dessecação do milho, utilizando Glifosato, na dosagem de 2,0 L ha. Seguiu-se os tratos culturais normais como controle químico de plantas daninhas e pulverizações com inseticidas para controle de pragas.

Como a região de Uberlândia é caracterizada por um período seco definido, que normalmente vai de maio a início de setembro, isto é um dos fatores que poderá explicar a ausência de efeito da aplicação em pré-semeadura do fertilizante sobre as características avaliadas (Figuras 1 e 2).

**Dados de temperatura máxima e mínima (C) em  
2000/2001**

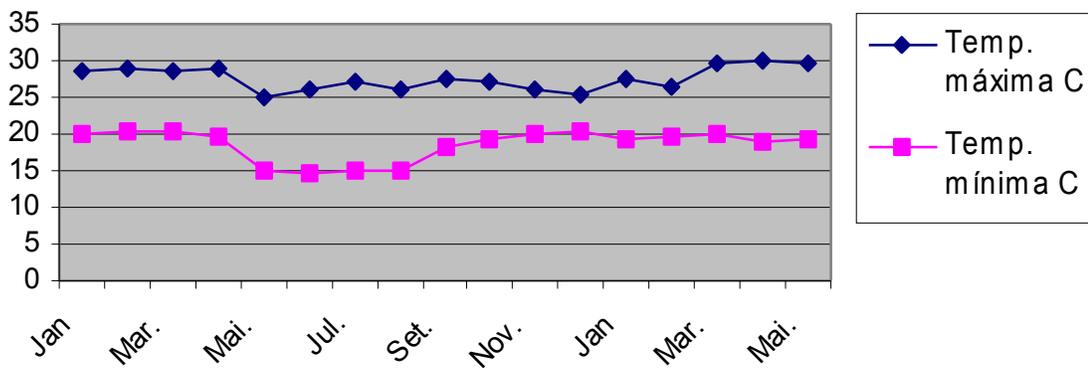


Figura 1 – Temperaturas no município de Uberlândia entre os anos de 2000 e 2001.  
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – 5<sup>o</sup> Distrito Parque do Sabiá.  
 Estação n<sup>o</sup> 83527 Uberlândia – MG

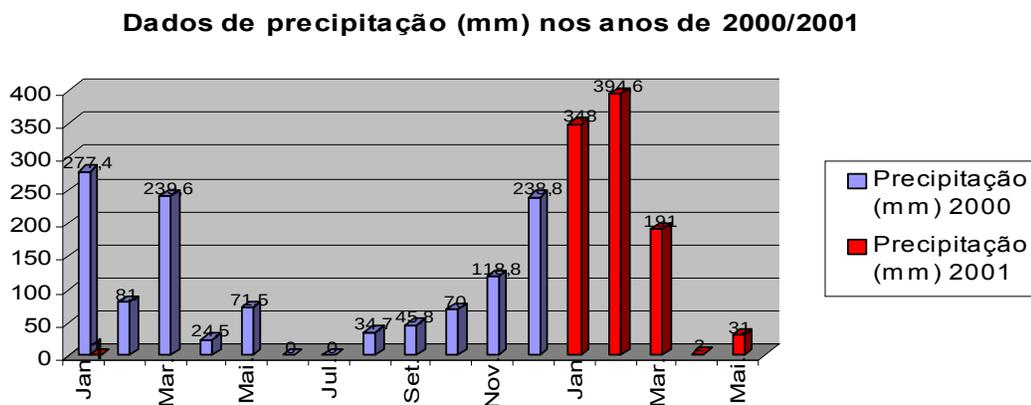


Figura 2 – Precipitação no município de Uberlândia entre os anos de 2000 e 2001.  
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – 5<sup>o</sup> Distrito Parque do Sabiá.  
 Estação n<sup>o</sup> 83527 Uberlândia - MG

Para avaliar o estado nutricional das plantas, foi feita uma amostragem de tecido vegetal no florescimento pleno da soja, estágio R2 (FEHR et al., 1977), tomando-se 35 folhas por parcela, da terceira folha trifoliolada, contadas do topo para baixo, que são as consideradas maduras e fisiologicamente ativas conforme Bataglia et al. (1985). Estas folhas foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65<sup>o</sup> C, até peso constante. As análises de tecido vegetal foram realizadas no laboratório de análises do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, seguindo o método da digestão nitroperclórica e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica para Ca, Mg e micronutrientes. Determinou-se o potássio por fotometria de chama, e o fósforo pelo método espectrofotométrico.

Os caracteres, produtividade de grãos, altura da primeira vagem, peso de 100 sementes, fósforo foliar e potássio foliar, foram obtidos na colheita.

- Produtividade de grãos (PG): a produtividade foi realizada pela retirada das plantas da área útil da parcela, pesando-se os grãos após trilhados, e estimando-se a produtividade por hectare.

- Altura de primeira vagem (APV): antes da colheita, com a soja completamente seca, estágio R8 Fehr et al. (1977), mediu-se a altura da primeira vagem, fazendo a média de cinco plantas por parcela útil;

- Peso de 100 sementes (PCS): a análise constitui de oito subamostras de 100 sementes puras, pesadas em balança de precisão e tirada a média.

- Fósforo foliar (PF): foi feita uma amostragem de tecido vegetal no florescimento pleno da soja, estágio R2 (FEHR et al., 1977), tomando-se 35 folhas por parcela, da terceira folha trifoliolada, contadas do topo para baixo. Estas folhas foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65<sup>0</sup> C, até peso constante. Determinou-se o fósforo pelo método espectrofotométrico.

- Potássio foliar (KF): foi feita uma amostragem de tecido vegetal no florescimento pleno da soja, estágio R2 (FEHR et al., 1977), tomando-se 35 folhas por parcela, da terceira folha trifoliolada, contadas do topo para baixo. Estas folhas foram secas em estufa de ventilação forçada, a 65<sup>0</sup> C, até peso constante. Determinou-se o potássio por fotometria de chama.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Altura da 1ª vagem**

No que se refere à altura da 1ª vagem, não se observa diferença com relação aos diferentes métodos de adubação e as diferentes formulações de adubo (Tabelas 3 e 2A).

Apesar de não haver diferença estatística, observou-se que as duas menores médias foram encontradas nos tratamentos que receberam a adubação à lanço. Isso mostra que o maior teor de fósforo assimilado pela planta diminuiu a altura da primeira vagem, podendo aumentar perdas de grãos na colheita. Onde houve maior concentração dos nutrientes, ou seja, nos tratamentos que receberam o fertilizante no sulco, houve maiores médias para altura de primeira vagem.

A maior ou menor competição entre planta e solo pelo fósforo aplicado como fertilizante faz com que a planta se ajuste para utilizar o teor de fósforo que é colocado à disposição (NOVAIS; SMYTH 1999). Dessa forma a planta necessita de todos os fatores

de produção adequados para que em seu período juvenil, seu desenvolvimento vegetativo não seja comprometido, incluindo o fósforo.

Segundo Sedyama et al. (1993), recomenda-se altura de primeira vagem de no mínimo, 10 cm, para não se ter problemas com a colheita. Pelas médias obtidas dos tratamentos, nenhum encontra-se com altura de primeira vagem crítica.

#### **4.2. Peso de 100 sementes**

Com relação ao peso de 100 sementes, não observou diferença significativa entre os tratamentos (Tabelas 3 e 3A).

Na cultura da soja, o peso de 100 sementes e a altura da 1ª vagem, estão estreitamente ligados ao nível de adubação fosfatada e potássica. Além disto, o fator climático interfere no tamanho das sementes, mais especificamente a disponibilidade hídrica e, de acordo com a Figura 2, houve boa disponibilidade e água durante o estágio R5 (FEHR et al., 1977), que se caracteriza por ser o estágio de enchimento de grãos.

Observou uma tendência de maior peso de 100 sementes quando o fertilizante aplicado no sulco, apesar de não significativos quando comparados com os tratamentos em que o fertilizante foi aplicado a lanço.

#### **4.3. Fósforo foliar e potássio foliar**

Em relação aos teores de fósforo e potássio foliar, não se observou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabelas, 4A e 5A).

Com os cultivos sucessivos, o teor de fósforo no solo aumentou, consequentemente maior disponibilidade para as plantas, elevando o teor de fósforo e potássio foliar, que se enquadram dentro dos níveis considerados ideais.

Segundo Raij (1991), os teores de fósforo e potássio nas folhas considerados ideais estão entre 2,6 – 5,0 g.kg<sup>-1</sup> para P e 17,1 – 25,0 g.kg<sup>-1</sup> para potássio, valores estes próximos dos teores médios encontrados no experimento.

Para uma produtividade adequada de soja, a quantidade total de fósforo e potássio acumulado em sua biomassa – grãos e parte vegetativa – fica em torno de 20 kg/ha e 40 kg/ha, respectivamente. Essa quantidade desses elementos deverá ser suprida pelo solo, com ou sem a ajuda de fertilizantes; no caso de solos pobres, com a ajuda de fertilizantes, para que mais potássio e P-disponível entre em contato com a planta por fluxo difusivo (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O uso contínuo do sistema plantio direto provoca estratificação de nutrientes no perfil do solo. O fósforo, por possuir baixa solubilidade e mobilidade, tende a acumular-se no horizonte superficial, concentrando o sistema radicular na superfície. Isto torna-se um problema, podendo limitar a produtividade em períodos de deficiência hídrica. Neste sentido (KOCHHANN, 1998) estudou o efeito da adubação profunda no sistema de plantio direto, verificaram que somente com fósforo e potássio em níveis muito baixo e baixo, é que o gradiente de concentração de nutrientes estabelecidos em sistema de plantio direto constituiu um problema. Os autores observaram que com a elevação do teor de fósforo no solo, os tratamentos diferenciaram-se apenas em função da presença ou da ausência de fertilização. Assim, em solos manejados sob plantio direto e com teores de nutrientes a

partir de nível médio, o método de deposição de fertilizantes não interferiu na produtividade da soja, como foi observado neste estudo.

Provavelmente, a resposta da cultura está muito mais relacionada com a baixa disponibilidade de fósforo no solo do que com a adubação de fósforo na superfície ou no sulco de semeadura, a 5cm de profundidade.

#### **4.4 - Produtividade de grãos**

A análise de variância (Tabelas 3 e 1A), mostra que não houve diferença estatística entre método de aplicação (sulco e a lanço), época de aplicação (pré-semeadura e semeadura), bem como entre as formulações : 500 kg.ha<sup>-1</sup> de 00-20-20 (100 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e 625 kg.ha<sup>-1</sup> de 00-16-16 (100 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Apesar de não haver diferença estatística entre as médias dos tratamentos, a diferença entre a maior média e a menor e de aproximadamente seis sacos de soja por hectare, o que pode ser bastante significativo para o produtor.

Não observou diferenças significativas para fontes e métodos de aplicação do fertilizante. A adubação em pré-semeadura no sulco resultou em produtividade semelhante a aplicação a lanço na área total. Provavelmente devido à estabilidade do sistema, que já vem sendo conduzido por quatro anos no mesmo local, e também devido a liberação gradual do fósforo, que vem acumulando com os cultivos sucessivos. Assim, em sistema de Plantio Direto estabilizado após 4 anos, a adubação no sulco acarretou produtividades similares a aplicação a lanço.

Tabela 3 - Produtividade de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), altura da 1ª vagem (cm), peso de 100 sementes (g), fósforo e potássio foliar ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) em função de diferentes formulações, método e época de aplicação do fertilizante.

Tratamentos	PG	APV	PCS	PF	KF
1- Sulco, pré-semeadura -00-20-20	3242a	16,37a	13,03a	2,48a	24,3a
2- Sulco, pré-semeadura -00-16-16	2934a	17,20a	13,87a	2,62a	23,3a
3- Sulco, semeadura-00-20-20	2897a	17,68a	13,77a	2,88a	23,7a
4-Sulco, semeadura-00-16-16	3286a	15,25a	13,82a	2,90a	24,2a
5- Lanço, pré-semeadura -00-20-20	2967a	14,80a	13,42a	3,22a	25,9a
6 – Lanço, pré-semeadura -00-16-16	2880a	14,82a	13,71a	2,94a	24,3a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%.

Vilela Filho (2002), estudou o efeito da adubação fosfatada e potássica, a lanço, superficial antecipada a semeadura, bem como o efeito do fósforo e do potássio, em sistema de plantio direto. O autor concluiu que a adubação com fósforo e potássio em sistema de plantio direto, à lanço, antecipada até cinco meses antes da semeadura, não afetou os caracteres produtividade, altura de inserção da 1ª vagem, peso de 100 sementes e teor de fósforo foliar e potássio foliar, na cultura da soja. Os teores de fósforo e potássio no solo não variaram com as épocas de aplicação no mesmo ano, mas aumentaram significativamente com os cultivos sucessivos em todas as épocas de aplicação.

De Mooy et al., (1973), relata que dependendo do período de aplicação do fertilizante este poderá apresentar uma maior eficiência na sua utilização. Sousa et al.,

(1987), utilizando a formulação 04-37-11, no sulco e a lanço observaram uma maior eficiência da soja quando o adubo foi colocado em sulco.

Salton; Hernani (1996), mostram que em condições de alta fertilidade, em sistema de plantio direto, não se tem retorno econômico com adubação corretiva à lanço, sugerindo que em tais situações é aceitável adotar-se adubações que visem apenas a reposição dos nutrientes exportados pelos grãos, ou seja, adubação de manutenção.

Visando avaliar os sistemas de manejo do solo, Kochhann; Denardin (1997), constataram que a resposta da cultura da soja a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no preparo convencional foram equivalentes a dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sistema plantio direto.

A necessidade de fósforo pode ser menor no sistema de plantio direto, em virtude da não incorporação do adubo, reduzindo as perdas pela fixação de fósforo, aumentando conseqüentemente a disponibilidade na camada mais superficial (SCHULTZ, 1978). A maior disponibilidade e o melhor aproveitamento do fósforo em sistema de plantio direto tem evidenciado a possibilidade através do tempo, de se reduzir a quantidade de adubo fosfatado a ser aplicado, uma vez superado os intervalos críticos de nutrientes no solo (MUZILLI, 1983). O maior acúmulo de fósforo nas camadas mais superficiais do solo sob plantio direto se explica pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, como no cerrado, contendo altos teores de sesquióxidos de ferro e alumínio (RAIJ, 1981).

Considerando que a aplicação dos fertilizantes fosfatados e potássico, em pré-semeadura, não diferiu estatisticamente em relação ao aplicado na semeadura, poderá ser mais viável, em sistema de plantio direto, a aplicação dos fertilizantes em pré-semeadura por apresentar alguns benefícios como: redução do custo total de produção, pois a compra e

aplicação antecipada do fertilizante diminui em até 10% os custos variáveis da lavoura, e favorece o uso da Agricultura de Precisão; maior rendimento operacional no plantio, pois diminui os reabastecimentos e elimina o problema de plantios tardios com diminuição de produtividade; uniformidade de plantio, não havendo variação na profundidade de semeadura; otimiza o uso do maquinário e mão-de-obra ociosa nos meses de entressafra; diminui o problema de estoques de adubo na empresa distribuidora e permite que as empresas comercializem o adubo já aplicado Neste sentido, Vilela Filho (2002) estudou a relação custo x benefício da aplicação do multifosfato magnésiano à lanço em pré-semeadura e verificou que ao comprar o fertilizante antecipadamente nos meses de julho e agosto, o produtor poderá ter uma economia da ordem de 10% em relação a aquisição do fertilizante no mês de novembro. Estas diferenças ocorrem devido à sazonalidade da demanda de fertilizante, que sofrem um aumento nos meses de maior procura por esse insumo.

## **5-CONCLUSÃO**

Nas condições em que foi conduzido o experimento pode-se concluir que, não observou diferença significativa entre métodos de aplicação dos fertilizantes fosfatado e potássico, épocas de aplicação e formulações nos caracteres avaliados.

## **6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1985. 48p. (Boletim Técnico, 78)

BORGES FILHO, E.L.; FERNANDES FILHO, J.F. Plantio direto na região dos cerrados: evolução recente e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 36., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 1998. p. 1035.

CORDEIRO, D. S., SFREDO, G. J., BORKERT, C. M. & CAMPOS, R. J. Nutrição vegetal. In: Resultados de pesquisa de soja. 1978/1979. Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de soja, Londrina, PR, 1979 p. 138-164.

De MOOY, C.J., PESEK, J. & SPALDO. **Mineral nutrition.** In: CALDWELL, B. E. ed. Soybeans: Improvement production na uses p. 297-352, 1973.

EMBRAPA. **Tecnologia de Produção de Soja Região Central do Brasil**. Londrina, PR, 2001. 267 p. (Documentos, 167)

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T. & PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L) Merrill. Crop Sci. , Madison, 11(6):929-931,1977.

GOEDERT, W. J, LOBATO, E. & WAGNER, E., Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, 15(3):311 - 380.1980

GOEDERT, W. J. & SOUZA, D. M. G. **Uso eficiente de fertilizantes fosfatados** In: ESPINOZA, W., OLIVEIRA, A. J. (eds). Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília. Anais Brasília.: EMBRAPA-ANDA-POTAFOS, p. 255-289, 1984.

KOCHHANN, R.A. Adubação profunda no sistema plantio direto In: Ata e Resumos. XXVI Reunião de pesquisa de soja da Região Sul. Cruz Alta, RS, p.182, 1998.

KOCHHANN, R.A, DENARDIN, J.E. Comportamento das cultivares de trigo, soja e milho à adubação fosfatada nos sistemas plantio direto e preparo convencional In: Anais, II Seminário internacional do sistema plantio direto. Passo Fundo, RS., p. 243, 1997.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação da soja. [s. n. ]; Ultrafertil, 1987. 40p. Boletim nº 5, série Divulgação Técnica Ultrafertil.

MASCARENHAS, H. A. A., HIROCE, R., ANGELOCCI, L. R., MIRANDA, M. A. C., BRAGA, N. R., FALIVENE, S. M. P. & YAMADA, T. Resposta de cultivares de soja a doses crescentes de cloreto de potássio. In: Seminário nacional de pesquisa de soja, 1978. Resumo. Londrina, PR., 1978. 46p.

MOSCHLER, W. W., KREBS, R. D., OBENSHAIN, S. S. Availability of residual phosphorus from long-time rock phosphate and superphosphate applications to Groseclore Silt. **Loam. Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, 21:293-295, 1957.

MUZILLI, O. Influencia do sistema de plantio direto, comparado com 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.

MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. Cap.1, p.3 – 16.

NOVAIS, R. F. de & SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa – MG : UFV DPS, 1999. 1ª Edição, 399p.

OLIVEIRA, L. A.; SMYTH, T. J. & BONETTI, R. **Efeito de adubações anteriores na nodulação e rendimento da soja e do feijão caupi num latossolo amarelo da Amazônia** In : R. Bras. Ciências de Solo, Campinas, 16:195-201, 1992.

PARFITT, R. L.; **Anion adsorption by soils and materials**. Adv. Agron., 30:1-50, 1978.

RAIJ, B. V. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato/ Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, 1991. 343p.

ROSOLEM, C. A., NAKAGAWA, J., MACHADO, J. R. & YAMADA, T. Efeito de modos de aplicação, dose e fontes na produção de soja. Revista de Agricultura de Piracicaba v. 65, n.1/2, p. 13-19, 1979.

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC,1993. 96p.

SALTON, J.C. & HERNANI, L.C. Respostas de cultivares de soja à adubação, em condições de alta fertilidade do solo, no sistema de plantio direto In: Ata e Resumos, XVIII Reunião de soja da região central do Brasil. Uberlândia, MG., p. 271, 1996.

SCHULTZ, L. ARNO. **Manual de plantio direto: técnicas e perspectivas**. Porto Alegre: Agropecuária, 1978. 84p.

SEDIYAMA, T., PEREIRA, M. G., SEDIYAMA, C. S. & GOMES, J. L. L. Cultura da soja, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 96 p. part. 1.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, M.A. Influencia 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.

SOUSA, D. G. de; MIRANDA, L. N. de & LOBATO, E. **Interpretação de análises de terra e recomendação de adubos fosfatados para culturas anuais nos cerrados**. Planaltina, EMBRAPA/CPAC, 1987. 7p. (Comunicado técnico, 51)

VILELA FILHO, C. E. Adubação com fósforo e potássio em diferentes épocas em pré-semeadura sob sistema de plantio direto na cultura da soja. Uberlândia, MG., p 39, 2002.

YOST, R. S.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; LOBATO, E. Residual effects of central. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.45, p.540-543, 1981.

## APÊNDICE

Tabela 1A - Análise de variância para produtividade de soja ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), em função de diferentes formulações, método e época de aplicação. Uberlândia – Julho de 2002.

<u>CAUSAS DE VARIAÇÃO</u>	<u>GL</u>	<u>SQ</u>	<u>QM</u>
Blocos	4	205201	51300 <sup>NS</sup>
Tratamentos	5	475227	95045 <sup>NS</sup>
<u>Resíduo</u>	<u>20</u>	<u>9525996</u>	<u>476299</u>

CV= 22,74% Média = 3035

Tabela 2A - Análise de variância para altura da 1ª vagem (cm), em função de diferentes formulações, método e época de aplicação. Uberlândia – Julho de 2002.

<u>CAUSAS DE VARIAÇÃO</u>	<u>GL</u>	<u>SQ</u>	<u>QM</u>
Blocos	4	36,0860	9,0215 <sup>NS</sup>
Tratamentos	5	38,9566	7,7913 <sup>NS</sup>
<u>Resíduo</u>	<u>20</u>	<u>915,3928</u>	<u>45,7696</u>

CV= 13,39% Média = 16,02

Tabela 3A - Análise de variância para peso de 100 sementes ( g ), em função de diferentes formulações, método e época de aplicação. Uberlândia – Julho de 2002.

<u>CAUSAS DE VARIAÇÃO</u>	<u>GL</u>	<u>SQ</u>	<u>QM</u>
Blocos	4	1,8830	0,4708 <sup>NS</sup>
Tratamentos	5	2,6265	0,5253 <sup>NS</sup>
<u>Resíduo</u>	<u>20</u>	<u>5,8125</u>	<u>0,2906</u>

CV= 3,96% Média = 13,61

Tabela 4A - Análise de variância para fósforo foliar ( $\text{g.kg}^{-1}$ ), em função de diferentes formulações, método e época de aplicação. Uberlândia – Julho de 2002.

<u>CAUSAS DE VARIAÇÃO</u>	<u>GL</u>	<u>SQ</u>	<u>QM</u>
Blocos	4	1,6020	0,4005 <sup>NS</sup>
Tratamentos	5	2,6880	0,3376 <sup>NS</sup>
<u>Resíduo</u>	<u>20</u>	<u>3,1620</u>	<u>0,1581</u>

CV= 14% Média = 2,84

Tabela 5A - Análise de variância para potássio foliar ( $\text{g.kg}^{-1}$ ), em função de diferentes formulações, método e época de aplicação. Uberlândia – Julho de 2002.

<u>CAUSAS DE VARIAÇÃO</u>	<u>GL</u>	<u>SQ</u>	<u>QM</u>
Blocos	4	15,5500	3,8875 <sup>NS</sup>
Tratamentos	5	19,6417	3,9283 <sup>NS</sup>
<u>Resíduo</u>	<u>20</u>	<u>32,6500</u>	<u>1,6325</u>

CV= 5,26% Média = 24,28

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FORMULAÇÕES  
DE FERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO  
DIRETO**

**MARCO TÚLIO BISINOTO**

**REGINA MARIA QUINTÃO LANA**  
(Orientadora)

Monografia apresentada ao Curso de  
Agronomia, da Universidade Federal de  
Uberlândia, para obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia - MG  
Janeiro - 2003