

## OTIMIZAÇÃO DA ADUBAÇÃO EM LAVOURA COM ALTOS TEORES DE POTÁSSIO NO SOLO: USO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

Sandro Manuel Carmelino Hurtado<sup>1</sup>, Álvaro Vilela de Resende<sup>1</sup>, Edeimar Joaquim Corazza<sup>2</sup>, Luciano Shozo Shiratsuchi<sup>1</sup>, Fábio Satoshi Higashikawa<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73.310-970, Planaltina, DF. E-mail: [sandroelbat@yahoo.com.br](mailto:sandroelbat@yahoo.com.br), [alvaro@cpac.embrapa.br](mailto:alvaro@cpac.embrapa.br); <sup>2</sup>Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF; <sup>3</sup>Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

**Termos para indexação:** Adubação potássica, variabilidade espacial, manejo sítio-específico, *Zea mays* L.

### Introdução

O atual desenvolvimento da agricultura em cultivos anuais, mais tecnificada e em busca de maiores patamares produtivos, reflete-se no aumento das quantidades de adubos utilizadas para a produção de grãos. O potássio (K) destaca-se como o segundo nutriente mais absorvido pelas culturas após o nitrogênio (Vilela et al., 2004). Apresenta alta mobilidade na planta e cumpre funções de ativação de sistemas enzimáticos, translocação e armazenamento de assimilados, atuando na regulação osmótica, manutenção da água na planta e resistência a estresses bióticos e abióticos (Ernani et al., 2007). Embora seja o cátion mais abundante na planta, o K não constitui nenhuma molécula ou estrutura orgânica, encontrando-se livre ou formando ligações de fácil reversibilidade, o que facilita a sua saída das células e tecidos (Meurer, 2006). Sendo assim, o K acumulado nas palhadas pode ser facilmente lixiviado para o solo, onde seu efeito residual depende principalmente da textura, e da capacidade de troca de cátions (CTC), além das doses de fertilizantes potássicos aplicadas.

Para os agricultores, a busca de maior produtividade normalmente implica em elevação das quantidades de potássio aplicadas na adubação. Contudo, na prática, muitas vezes desconsideram-se os critérios baseados na disponibilidade do nutriente no solo e na exportação pela cultura. Assim, em sistemas mais tecnificados de produção de grãos, em áreas com um histórico mínimo de produção de 5 anos, é comum encontrar nas análises de solo, teores de potássio muito acima (> 120 mg dm<sup>-3</sup>) do considerado suficiente às necessidades das culturas. Não obstante, não há relatos de danos causados por toxidez de K às plantas.

Considerando a crescente elevação no preço dos fertilizantes, é oportuno buscar formas de otimização do manejo da adubação, visando garantir a competitividade agrícola do País. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo validar, mediante técnicas de agricultura de precisão, a possibilidade de redução da adubação potássica em lavoura com altos teores e variabilidade espacial do nutriente no solo.

## Material e Métodos

### A. Área de estudo e informações preliminares

O estudo foi conduzido sob condições de sequeiro, na Fazenda Alto Alegre (Planaltina de Goiás, GO), num talhão de produção comercial de grãos com sucessão milho-soja, sem preparo do solo há cinco anos. O talhão, de 97 hectares, apresenta predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo, com teor médio de argila igual a  $543 \text{ g kg}^{-1}$ . Há ocorrência expressiva de *Brachiaria decumbens* e outras gramíneas, as quais servem ao pastejo bovino nos períodos de pousio.

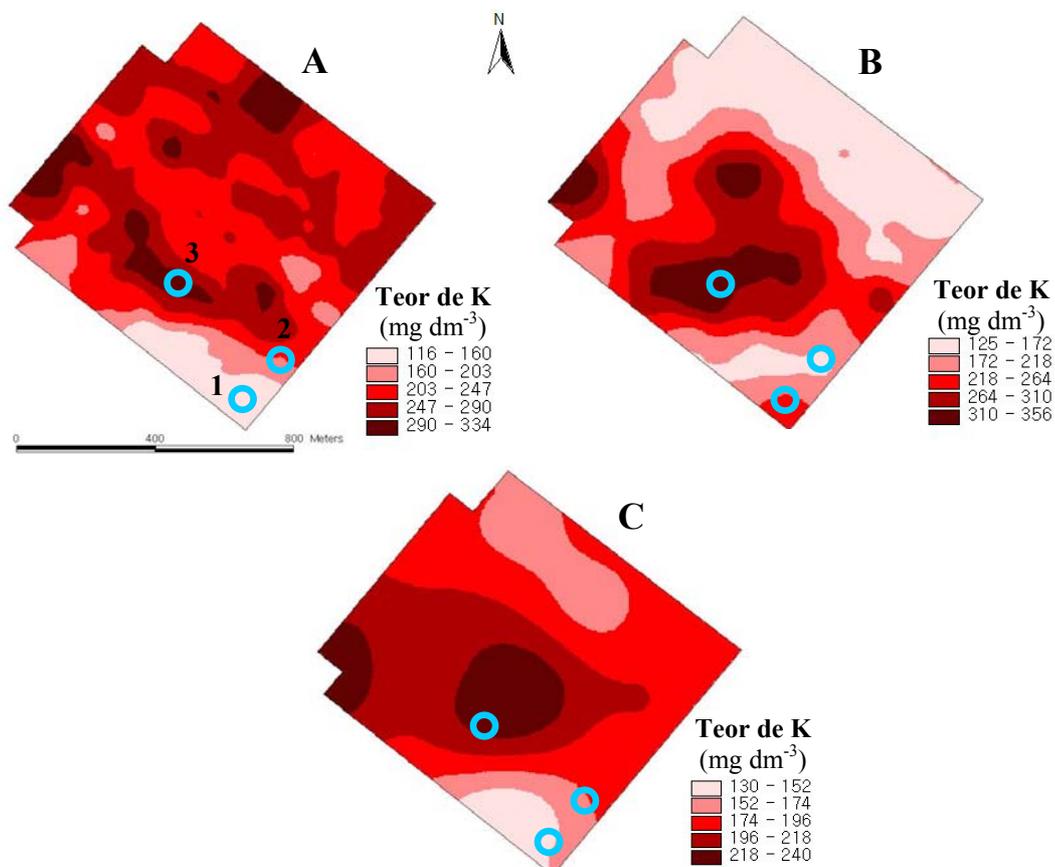
Com base em informações georreferenciadas de análises de solo, correspondentes às safras 2004/2005, 2005/2006 e 2006/2007, foram identificados locais com presença de teores contrastantes de K (Figura 1). A obtenção dos mapas de potássio foi realizada mediante amostragem sistemática do solo, na profundidade de 0-10 cm, em grade regular de 50 x 50 m (safra 2004/2005), e na profundidade de 0-20 cm, em grade de 100 x 100 m (safras 2005/2006 e 2006/2007). O potássio foi determinado segundo metodologia descrita por Embrapa (1999). Os dados foram submetidos a análise espacial, gerando os semivariogramas e as interpolações por krigagem, com auxílio do software geoR (Ribeiro Jr & Diggle, 2001).

### B. Instalação do experimento

A partir dos mapas de disponibilidade de K no solo, foram definidos três locais (Figura 1) para monitoramento e avaliação de alternativas de manejo da adubação potássica na safra 2006/2007. Foram demarcadas faixas de 21 m de largura x 1000 m de comprimento, passando pelos locais de avaliação, combinando a ausência (-K) ou presença (+K) do nutriente na adubação de plantio do milho. As faixas foram constituídas por 30 linhas, distanciadas de 0,7 m. Foi semeado o milho híbrido simples Pioneer 30F90<sup>®</sup>. No tratamento com K, foi realizada aplicação de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado NPK 06-23-18 (contendo também Ca, S, B, Cu, Mn e Zn), correspondendo, dessa maneira, à aplicação de  $63 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . No tratamento sem K, foram aplicados  $210 \text{ kg ha}^{-1}$

do formulado NPK 10-35-00 (contendo Ca, S, B e Zn). A adubação de cobertura foi realizada a lanço no estágio de quatro folhas, com a aplicação de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N do fertilizante Super N (33% de N e 11% de S). A semeadura, adubação e outros tratos culturais foram realizados com insumos, maquinário e procedimentos operacionais da fazenda.

Em cada um dos locais assinalados na Figura 1, foram instaladas duas parcelas de monitoramento da adubação com e sem K, com área útil de  $8,4 \text{ m}^2$ . Nessas parcelas, foram realizadas amostragens de solo nas entrelinhas do milho, camada de 0-20 cm, nos períodos correspondentes ao início da safra 2006/2007 (imediatamente após a semeadura) e no estágio de florescimento feminino, obtendo-se também, dados referentes aos teores de K nas folhas (florescimento), produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de grãos, e conteúdo de K nos grãos.



**Figura 1.** Mapas dos teores de potássio no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), prévios ao início das safras de 2004-2005 (A), 2005-2006 (B) e 2006-2007 (C). Os círculos nos mapas indicam os locais (1, 2 e 3) de avaliação de alternativas de adubação potássica na safra 2006/2007.

A colheita do talhão foi feita com colhedora equipada com GPS e monitor PF Advantage® com sensores de peso e de umidade de grãos. Após a filtragem dos dados brutos (Menegatti & Molin, 2004), foram gerados mapas de produtividade para as faixas com presença e ausência de K na adubação.

## Resultados e Discussão

Os teores de K no solo das parcelas de monitoramento são apresentados na Tabela 1. Observa-se que, tanto as amostragens realizadas no início da safra, quanto no período do florescimento, mostraram teores relativamente próximos para ambas as condições de fertilização potássica. No início do ciclo do milho os teores de K eram elevados quando comparados aos níveis críticos propostos para a região do Cerrado (Vilela et al., 2004). Entretanto, verificou-se disponibilidade variável entre os locais de avaliação, correspondendo os maiores teores ao local 3, confirmando as tendências dos mapas da Figura 1.

**Tabela 1.** Teores de potássio do solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em parcelas de monitoramento, na ausência e presença do nutriente na adubação, nas fases de pós-semeadura e de florescimento do milho. Médias de três repetições.

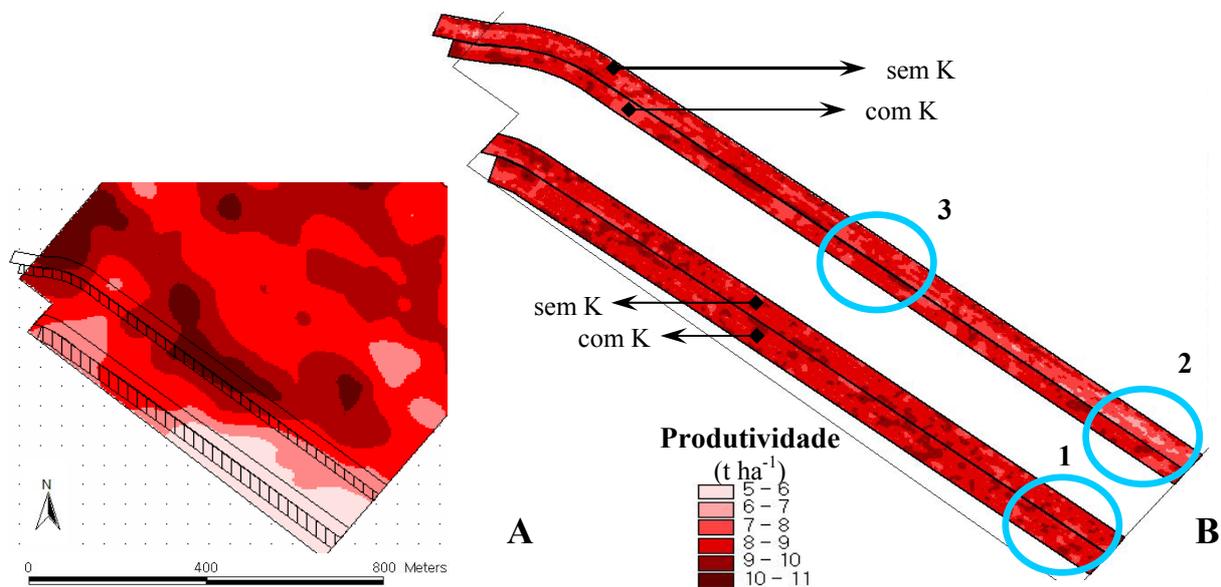
Locais	K_solo <sub>pós-semeadura</sub>		K_solo <sub>florescimento</sub>	
	Sem K	Com K	Sem K	Com K
1	126	186	75	46
2	245	195	79	51
3	345	295	129	189
Média	<b>239</b>	<b>225</b>	<b>94</b>	<b>95</b>

A redução dos teores de K no solo à época do florescimento feminino, foi devida, em grande parte, à forte absorção do nutriente pela cultura. De acordo com Sousa & Lobato (2004), a extração de K pelas plantas de milho é de 18 a 35 kg por tonelada de grãos produzida. Portanto, seria de se esperar uma extração da ordem de 180 a 350  $\text{kg ha}^{-1}$  de K, para uma produção estimada de 10  $\text{t ha}^{-1}$  de grãos, correspondendo a uma depleção da ordem de 90 a 175  $\text{mg dm}^{-3}$  de K no solo. É importante destacar que apenas uma parte do nutriente extraído pelas plantas é exportada com a colheita dos grãos. Klepker & Anghinoni (1995) observaram que maiores teores de K são encontrados no solo em estádios posteriores do ciclo da cultura, na região próxima à base dos



caules, em função da lavagem do nutriente da parte aérea senescente. Além disso, após a colheita, o potássio ainda contido na palhada tende a retornar ao solo com facilidade pela ação das chuvas.

O mapeamento da colheita do milho nas faixas de adubação (sem e com K) mostrou que não houve maior variação de produtividade entre subáreas contrastantes quanto à disponibilidade de K no talhão e nem houve diferença visual devido à presença ou ausência do nutriente na adubação (Figura 2). Ao longo das faixas, sem e com K, as médias de produtividade foram 8,5 e 8,6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 2.** Detalhe da localização (A) e mapa de produtividade (B) das faixas de adubação com ausência e presença de K. Os círculos indicam os locais (1, 2 e 3) de avaliação na safra de milho de 2006/2007.

Nas parcelas de monitoramento, a produção de matéria seca de parte aérea e de grãos, assim como, os teores foliares de K e seu conteúdo nos grãos, apresentaram diferenças inconsistentes entre os três locais de fertilidade contrastante e também entre as condições com e sem K na adubação (Tabela 2). As maiores produtividades de grãos nas parcelas de monitoramento, quando comparadas àquelas obtidas nas faixas de adubação, foram devidas, principalmente, à colheita manual e à uniformidade de estande nas parcelas, as quais foram alocadas em pontos sem falhas de germinação.

**Tabela 2.** Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de grãos de milho, teores de K nas folhas e conteúdo de K nos grãos nas parcelas de monitoramento.

Locais	MSPA (t ha <sup>-1</sup> )		Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )		Teor foliar de K (g kg <sup>-1</sup> )		Conteúdo K grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Sem K	Com K	Sem K	Com K	Sem K	Com K	Sem K	Com K
1	13,8	14,4	10,8	9,7	31,8	32,4	38,9	34,9
2	13,1	14,6	10,6	11,0	30,7	30,2	32,9	37,4
3	14,6	12,8	10,6	10,3	30,4	30,4	35,0	41,2
<b>Média</b>	<b>13,8</b>	<b>13,9</b>	<b>10,7</b>	<b>10,3</b>	<b>31,0</b>	<b>31,0</b>	<b>35,6</b>	<b>37,8</b>

De acordo com os dados da Tabela 2, em termos médios, uma colheita de 10,5 t ha<sup>-1</sup> equivaleria à exportação de cerca de 36,7 kg ha<sup>-1</sup> de K. Portanto, a necessidade de reposição para cultivos futuros seria próxima de 44 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, a fim de não haver redução dos níveis de disponibilidade do nutriente no solo. Dessa forma, é possível diminuir em até 30% a dose do nutriente normalmente aplicada pela fazenda (63 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), sem perda das condições atuais de fertilidade do solo. A partir da MSPA produzida, estima-se que pelo menos 198 kg ha<sup>-1</sup> de K seriam retornados ao solo com a decomposição da palhada de milho, sendo que parte desse K ciclado pode ser oriundo de zonas do perfil abaixo da camada de 0-20 cm.

Tendo em vista que o próprio residual da adubação da safra 2006-2007 deve ter contribuído para aumentar ainda mais a disponibilidade de K no sistema, baseado no comportamento observado no presente trabalho, mesmo a eliminação total da adubação potássica da safra seguinte não deveria afetar a produtividade.

Apesar de o talhão vir recebendo manejo homogêneo da adubação potássica, evidenciou-se expressiva variabilidade espacial na capacidade de suprimento do nutriente pelo solo (Figura 1), o que fortalece a possibilidade de racionalização das adubações com potássio. Tal fato justifica esforços de monitoramento mais detalhado das condições de fertilidade ao longo do tempo, para subsidiar estratégias de manejo sítio-específico (adubação a taxas variáveis) e otimizar os custos de produção da lavoura.

## Conclusões

A adubação anual com K em lavoura com elevados teores do nutriente no solo ( $> 120 \text{ mg dm}^{-3}$ ) não se mostra prejudicial nem vantajosa à produtividade do milho, evidenciando oportunidade para redução do uso de fertilizante potássico e racionalização de custos na propriedade.

O monitoramento detalhado da fertilidade do solo e da produtividade fornece subsídios para estratégias de manejo sítio-específico, com adubação a taxas variáveis dentro do talhão de cultivo.

## Referências bibliográficas

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Solos. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370p. (Comunicação para Transferência de Tecnologia).
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. de; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. SBCS, 2007. p. 551-594.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo no solo e da localização do adubo fosfatado. **R. Bras. de Ci. Solo**, v.19, p.403-408, 1995.
- MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.126-134, 2004.
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de Plantas**. SBCS, 2006. p. 281-298.
- RIBEIRO Jr., P.J.; DIGGLE, P.J. geoR: A package for geostatistical analysis. **R-News**, v.1, n.2. 2001.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, GO: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.
- VILELA, L; SOUSA, D.M.G.; SILVA, J.E. da. Adubação potássica. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, GO: Embrapa Cerrados, 2004. p.169-183.