

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA CULTURA DA SOJA EM  
ARGISSOLO VERMELHO, DERIVADO DO ARENITO CAIUÁ**

**ANTONIO AUGUSTO LOPES**

**Presidente Prudente – SP**

**2007**

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA CULTURA DA SOJA EM  
ARGISSOLO VERMELHO, DERIVADO DO ARENITO CAIUÁ**

**ANTONIO AUGUSTO LOPES**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.  
Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Creste

633.34  
L864n

Lopes, Antonio Augusto.

Nitrogênio e potássio em cobertura na cultura da soja em argissolo vermelho, derivado do arenito Caiuá / Antonio Augusto Lopes – Presidente Prudente: [s.n.], 2007.  
46 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente – SP, 2007.

Bibliografia

1. Produção de grãos. 2. Nutrição de plantas.  
3. Cloreto de potássio. 4. Sulfato de amônia. I.  
Título.

**ANTONIO AUGUSTO LOPES**

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA CULTURA DA SOJA EM  
ARGISSOLO VERMELHO, DERIVADO DO ARENITO CAIUÁ**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 23 nov. de 2007

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Eduardo Creste  
Universidade do oeste Paulista - UNOESTE

---

Prof. Dr. José Salvador Simoneti Faloni  
Universidade do oeste Paulista - UNOESTE

---

Prof. Dr. Edson Lazarini  
Universidade Estadual Paulista – UNESP / Ilha Solteira

## DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação à minha esposa Maria José Teigão Lopes, à meus Filhos, Eduardo Augusto Teigão Lopes, Antonio Augusto Lopes Filho e Maria Julia Teigão Lopes, e a meu amigo e orientador José Eduardo Creste.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela oportunidade de vencer mais uma etapa em minha vida;

Ao Sr. Helio Alberto do Vale, pela cessão da área experimental.

Aos Engenheiros Agrônomos Mauricio Mega Celano e Willian Aparecido Fernandes, pelo apoio na execução do trabalho.

Ao Prof. Dr. Sérgio do Nascimento Kronka, pela sua colaboração nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Creste, que é um exemplo de profissional competente e solícito.

A minha família, que sempre me apoiou em todas as etapas de minha vida.

## **EPIGRAFE**

**“Um homem inteligente aprende com os próprios erros, um homem sábio,  
aprende com os erros dos outros”**

Autor: Desconhecido.

## RESUMO

### **Nitrogênio e potássio em cobertura na cultura da soja em Argissolo Vermelho, derivado do Arenito Caiuá**

A região noroeste do Estado do Paraná vem se tornando uma importante fronteira agrícola. Com o objetivo de estudar o incremento da produtividade na cultura da soja, devido à adubação em cobertura com nitrogênio e potássio, e seus reflexos nos parâmetros químicos do solo e na exportação de nutrientes pelos grãos, num solo classificado como Argissolo Vermelho, derivado do Arenito Caiuá, deficiente em cálcio e magnésio, foi realizado o trabalho no município de Umuarama (23°50' S, 53°18' W e altitude 467,0 m) tendo em vista a grande área de cultivo nestas condições e o baixo número de experimentos nestes locais. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos (1 – sem aplicação de adubos em cobertura; 2 – 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 20 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio. 3 – 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. 4 – 20 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio). Concluiu-se que não houve resposta significativa, em produtividade, à adubação, em cobertura, com nitrogênio e com potássio, na cultura da soja, não houve diferença significativa nos parâmetros de solo, exceto para o teor de cálcio e não houve diferença significativa para a exportação de nutrientes pelos grãos, exceto para o potássio e enxofre.

**Palavras-chave:** Produção de grãos. Nutrição de plantas. Glycine max. Cloreto de potássio. Sulfato de amônia.

## ABSTRACT

### **Influence of application in cover with Nitrogen and Potassium in cover on soybean culture, in Argissolo from Arenito Caiuá**

The Northwest area of the State of Paraná-Brazil has been turning into an important agricultural border. The purpose of this work is to study the productivity in the cover with nitrogen and potassium and their reflexions in the chemical parameters on the ground and the exportation of nutrients by grains, and the ground classified as Red Argissolo (red clayey soil), Calcium and Magnesium poor. This work has been done in the city of Umuarama (S 23°50', W 53°18 and Altitude 467,0 m). The experimental delineation was done in blocks at random, with four repetitions, and four treatments (1 – With no application of fertilizers in the cover; 2 – 100 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O and 20 kg ha<sup>-1</sup> of Nitrogen. 3 – 100 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. 4 – 20 kg ha<sup>-1</sup> of Nitrogen). It was concluded that there was no meaningful answer in productivity, in fertilization, in cover with nitrogen and potassium and in the soybean culture. There was no meaningful difference on the ground parameters, except to the calcium drift and the exportation of nutrients by grains, except for potassium and sulfur.

**Key-words:** Grains productions. Plants nutrition. Potassium chloride. Amonia sulphate.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja	14
TABELA 2	- Interpretação de níveis no solo e sugestão para adubação com potássio para soja no Arenito de Caiuá	19
TABELA 3	- Níveis de interpretação dos teores de potássio (K <sup>+</sup> ) na análise de solo para a cultura da soja (Método Mehlich-1)	20
TABELA 4	- Quantidade de potássio (K <sub>2</sub> O) recomendado para adubação da cultura da soja	20
TABELA 5	- Atributos químicos e físicos do solo, antes da instalação do experimento	24
TABELA 6a	- Atributos químicos do solo: macronutrientes e micronutrientes	27
TABELA 7	- Resultados de produção em kg ha <sup>-1</sup> , obtidos nos diferentes tratamentos	29
TABELA 8	- Resultado de análise de grãos (média de 4 repetições) e o coeficiente de variação (CV%) dos macronutrientes e micronutrientes	32

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Potássio .....	14
1.1.1 Recomendação de adubações com potássio .....	19
1.2 Nitrogênio .....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	33
5 CONCLUSÃO .....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
APÊNDICES .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é explorada na dieta alimentar do homem, há mais de cinco mil anos. Em sua origem, a soja era uma planta rasteira que habitava a costa leste da Ásia, principalmente a China. Sua evolução ocorreu de plantas oriundas do cruzamento natural entre duas espécies de soja selvagens, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China.

No Brasil, a soja foi introduzida em 1882, na Bahia, tendo chegado ao Estado de São Paulo cerca de dez anos mais tarde. No entanto, foi no Estado do Rio Grande do Sul que iniciou o plantio de soja em larga escala, sendo a suinocultura e a triticultura, elementos que contribuíram para sua consolidação no Estado. A suinocultura, devido a soja ser uma importante fonte de proteína, que pode ser utilizada para ração animal. A triticultura, devido a alternativa de cultivo de soja no verão, assim os produtores teriam duas safras por ano.

Posteriormente, do Rio Grande do Sul, a soja foi para Santa Catarina e Paraná. No Paraná sua expansão deu-se através da ocupação das áreas de arroz de sequeiro no sul, dos plantios em áreas desmatadas pelas madeireiras no oeste, e do plantio em áreas dos cafezais devastados pelas geadas no norte.

A partir de 1950, em São Paulo, com incentivo governamental e apoio das indústrias alimentícias, a soja ganhou importância e expandiu-se para Minas Gerais. A partir da década de 70 expandiu-se para o cerrado, incorporando importantes áreas de fronteiras agrícolas, a ponto de que hoje, o Estado de Mato Grosso, ser o maior produtor nacional.

Atualmente os EUA é o maior produtor mundial desta oleaginosa, colhendo cerca de 80 milhões de toneladas, vindo a seguir o Brasil com produção de cerca de 55 milhões de toneladas, contribuindo com aproximadamente 25% da produção mundial (CONAB, 2006).

A demanda mundial de soja cresce, em média, cerca de 5 milhões de toneladas por ano e esta perspectiva de aumento de demanda se mantém para os próximos anos (CONAB, 2006). Dentre os grandes produtores mundiais, o Brasil aparece como País que apresenta as melhores condições para expandir a produção e atender o esperado aumento de demanda.

A produção de soja vem tendo uma constante evolução no Brasil, cerca de 250 vezes nas últimas quatro décadas, devido ao aumento de produtividade, e principalmente, devido a incorporação de novas áreas de plantio.

Vários aspectos influenciaram a possibilidade do aumento da produtividade e da incorporação de novas áreas de plantio (expansão das chamadas fronteiras agrícolas), mas, sem dúvida, é a pesquisa agrícola que vem gerando novas tecnologias capazes de atender aos anseios dos produtores, como por exemplo, variedades adaptadas às diversas regiões, variedades resistentes a nematóides e outras pragas e doenças, tecnologias de adubação e manejo, etc.

Na safra 2005/06 a área cultivada com soja no Brasil foi de 22,75 milhões de hectares, e a produtividade média obtida nos últimos 8 anos foi de 2.490 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2006).

Dentre muitas áreas incorporadas ao sistema produtivo do Brasil, esta a região noroeste do Paraná. O Estado do Paraná possui uma agricultura forte responsável por 21% da produção brasileira de soja.

A região noroeste do ocupa 18% da área total do Estado do Paraná, abrangendo 107 municípios, totalizando 3.510.800 hectares (EMATER-Paraná, 1998), dos quais, aproximadamente, 2.640.000 hectares são formados a partir de rochas sedimentares arenosas da Formação Caiuá, denominadas de "Arenito Caiuá" (IAPAR, 2001).

Na década de 70, esta região atraiu centenas de milhares de pessoas, devido aos bons rendimentos obtidos com a cultura do café, chamado de "Ouro Verde". Estas pessoas vinham atraídas pelo sonho de fazer fortuna num local onde poderiam encontrar terras boas e baratas. Com a decadência da cafeicultura, cujo golpe de misericórdia ocorreu com a geada de 1975, o sonho se transformou em desencanto. Em seu lugar surgiram extensas áreas com pastagens enquanto a região sofria um forte êxodo rural. Ao contrário de outras regiões do estado, a região noroeste não absorveu a agricultura de grãos, devido à fragilidade dos solos do "Arenito Caiuá". O que restou, foi uma região decadente que se tornou ainda mais pobre com a expansão das fazendas de gado de corte e o fim, já na década de 90, das lavouras de algodão, que ocupavam grande número de trabalhadores rurais.

Na região do Município de Umuarama, que está localizado na região fisiográfica conhecida por Ivaí, localizado no Terceiro Planalto Paranaense, ou Planalto de Guarapuava, no final dos anos 90 (1997), começou a surgir o consórcio

“Lavoura – Pecuária”, revelando-se como uma opção viável, onde as pastagens degradadas pelo manejo incorreto, cederam lugar a lavouras de grãos, sendo a soja, a principal cultura (EMATER-PR, 1998).

De 2000 a 2004, na região do Arenito Caiuá, o crescimento anual da soja foi de 41% e o crescimento anual da agricultura foi de 13,70%. As lavouras de soja avançaram na safra 2002/03 para 253 mil hectares, um crescimento de 36% em relação aos 186 mil hectares do período anterior, chegando à safra 2003/04 com 344 mil hectares. Atualmente, a cultura da soja, se espalha pôr mais de 350 mil hectares em todo o noroeste do Paraná e, com o manejo adequado do solo e o domínio de tecnologias apropriadas para esta região, os agricultores estão obtendo bons rendimentos com a soja e outras culturas (Figura 3).

Conforme a EMATER, 1998, alguns benefícios podem ser citados com o advento do plantio da soja na região do “Arenito Caiuá”, como:

- a) Melhoria da fertilidade do solo pela utilização do plantio direto;
- b) Multiplicação da renda em até dez vezes com relação à pastagem;
- c) Geração de emprego: Gera em média oito empregos no campo e vinte e sete na cidade, frente a duas vagas no máximo geradas nas áreas degradadas;
- d) Beneficia 108 municípios com uma população de 1,7 milhões de habitantes;
- e) Reverte o processo de empobrecimento regional causado pelo predomínio da pecuária extensiva, pois pela geração de emprego fortalece o comércio e amplia a arrecadação de tributos.

As rochas sedimentares arenosas da Formação Caiuá, são originárias do período Cretáceo, resultado de um processo de sedimentação eólica posterior aos últimos derrames de lava da Formação Serra Geral (EMBRAPA, 1984). Os solos presentes nesta formação são o Latossolo Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Amarelo e Areias Quartzosas, de textura média e arenosa (EMATER-Paraná, 1998), classificados, no atual sistema brasileiro de classificação de solos, como: Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Quartzarênicos, respectivamente (EMBRAPA, 1999).

Estudos realizados nos municípios de Cianorte (Topossequencia sitio Três Leões), Paranaíba (topossequencia Sumaré) e Umuarama (topossequencia Umuarama e São Jose), mostram que, em geral, nos topos predominam os Latossolos vermelhos enquanto os Argissolos Vermelhos ocorrem na média vertente e os Neossolos Quartzarênicos no sopé.

Os solos do “Arenito Caiuá” apresentam, de maneira geral, baixos teores de argila (textura arenosa), não raro, inferiores a 20%, baixos teores de matéria orgânica, o que confere a estes solos um baixo poder-tampão, diferenciando-os da maioria dos solos do restante do Estado do Paraná. Possuem topografia suave-ondulada a ondulada, e temperaturas médias anuais altas, e, portanto, têm uso agrícola limitado, devido ao fato de apresentarem baixa “Capacidade de Troca Catiônica (CTC), baixa capacidade de retenção de água e grande susceptibilidade à erosão (EMBRAPA, 1999).

### 1.1 Potássio

O potássio (K), com exceção do nitrogênio (N), fixado simbioticamente, é o nutriente mais extraído pela soja e o que se apresenta em maiores concentrações nos tecidos (Tanaka e Mascarenhas, 1992). Na Tabela 1, são apresentadas as quantidades de nutrientes absorvidas e exportadas pela cultura da soja.

TABELA 1 – Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja

Parte da Planta	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cl	Mo	Fe	Mn	Zn	Cu
	Kg (1000 kg) <sup>-1</sup> ou g kg <sup>-1</sup>						G (1000 kg) <sup>-1</sup> ou mg kg <sup>-1</sup>						
<b>Grãos</b>	51	10,0	20	3,0	2,0	5,4	20	237	5	70	30	40	10
<b>Restos culturais</b>	32	5,4	18	9,2	4,7	10,0	57	278	2	390	100	21	16
<b>Total</b>	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4	77	515	7	460	130	61	26
<b>%Exportada</b>	61	65	53	25	30	35	71	46	71	15	23	66	38

Obs.: À medida que aumenta a matéria seca produzida por hectare, a quantidade de nutrientes nos restos culturais da soja não segue modelo linear.

Fonte: Emprapa soja (2005)

Os experimentos em solos de elevada disponibilidade de potássio trocável, não apresentam respostas à adubação, porém, após alguns anos de cultivo de soja, curvas de resposta a K aplicadas foram ajustadas e houve calibração de análise de solo para recomendação deste nutriente para diversos solos e nas mais diferentes regiões do Brasil.

No estado do Rio Grande do Sul, Vidor e Freire (1971) estabeleceram em solos argilosos, o teor de K-trocável de  $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  como sendo o ponto crítico acima do qual a probabilidade de resposta é muito baixa. Para o Estado de São Paulo, em solos de textura média a argilosa, Mascarenhas *et al.* (1982), identificaram este índice como sendo  $1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e para o Paraná, em Latossolo Vermelho de textura argilosa e de baixa fertilidade, Borkert *et al.* (1993), estabeleceram o nível crítico de K-trocável de  $1,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

Posteriormente, foram estabelecidas para outros solos argilosos, curvas de resposta a K, sendo estimadas a Máxima Eficiência Técnica (MET), que é a dose que representa a máxima produtividade alcançada, independente do custo do adubo, e a Máxima Eficiência Econômica (MEE), que é a dose que representa o máximo retorno econômico pelo adubo aplicado, levando-se em conta o preço do KCl e da Soja, Embrapa Soja, Londrina-PR, 2005 (safras 98/99, 99/00, 00/01, 03/04). Em resumo, foram identificadas pelas curvas de resposta a K que a cultura atinge rendimento máximo na faixa de 100 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicado em solos de textura média ou arenosa, com teores médios a baixos de K-trocável.

Pesquisas conduzidas por vários anos demonstram não haver diferença em produção de grãos entre a adubação aplicada a lanço na semeadura e no sulco de semeadura (BORKERT *et al.*, 1997). Também, não há diferença na produção de grãos de acordo com a época de aplicação (aplicação na semeadura e parte na semeadura e parte em cobertura), em solos de textura média e argilosa. Contudo, em anos com ocorrência de seca entre a emergência e a floração e, em solos com disponibilidade muito baixa de K-trocável ( $< 0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), pode haver redução no rendimento de grãos quando a aplicação é feita a lanço (ROSOLEM *et al.*, 1984; BORKERT *et al.*, 1997). Em solos de textura extremamente arenosa e em areias quartzosas, a aplicação deste nutriente em cobertura é uma prática a ser considerada para diminuir as perdas de K-trocável por lixiviação, que ocorrem, principalmente, em anos com excesso de chuvas.

Em trabalhos desenvolvidos por Rosolem et al. (1984) e Vilela et al. (2002), em solos de textura média a argilosa, com teor adequado de K-trocável no solo, constataram que a adubação com K poderá ser a longo prazo sem problema algum para a produtividade de soja. Contudo, em solos arenosos e com baixa disponibilidade de K, a aplicação na semeadura é mais eficiente, com maior incremento de produtividade de soja, mas, por outro lado, a aplicação de K no sulco de semeadura pode aumentar a lixiviação, portanto, o ideal é parcelar o K, parte no plantio e parte em cobertura (YAMADA; BORKERT, 1991). O KCl quando aplicado em altas doses no sulco de semeadura (superior a 80 kg há<sup>-1</sup>), pode causar, devido ao seu efeito salino, danos à germinação da semente, com a diminuição do estande de plantas (BORKERT et al., 1997), e também reduzir a produtividade (ROSOLEM et al., 1979; ROSOLEM et al., 1984).

O efeito residual do K aplicado, na maioria das situações, não ultrapassa dois ou três cultivos, dependendo muito da disponibilidade inicial de K trocável e das doses de K<sub>2</sub>O aplicadas. Sendo que, a baixa disponibilidade de K no solo pode causar uma diminuição gradativa na produção, safra após safra, e, em muitos casos, sem apresentar os sintomas típicos de deficiência, a chamada “fome oculta”.

A lixiviação de potássio para horizontes subsuperficiais foi discutida em experimentos de longa duração (26 anos – Embrapa Soja, Londrina-PR.), sendo observado que nos quais foi encontrado movimento de K para camadas de até 60 cm de profundidade, em solos de textura arenosa; porém em solos de textura média a argilosa, o K trocável não foi além dos 40 cm de profundidade (OLIVEIRA et al., 2004).

Foi confirmado por Borkert et al. (1993), que o teor de K nas folhas de soja considerada média ou suficiente para atingir altas produtividades está na faixa de 17,1 a 25,0 g kg<sup>-1</sup>.

As plantas absorvem primeiramente o K da solução do solo, cuja concentração depende daquela mantida pelo K trocável, adsorvido nos sítios de troca. Uma vez que o K trocável é esgotado, dá-se a liberação do K contido nas entrecamadas dos argilominerais e acelera-se a intemperização dos minerais primários potássicos (BORKERT et al., 1993). O K não-trocável pode ser uma fonte disponível às plantas em médio prazo. Contudo, a cinética de liberação desta forma de K para a solução do solo é pouco conhecida, dependendo principalmente de

fatores relacionados com a mineralogia do solo e a sua proporção em cada fração granulométrica e com a seletividade da fase mineral pelo K (MELLO et al., 2003).

No início da década de 80, foram observados os primeiros sintomas de deficiência de potássio em culturas comerciais de soja. Estes sintomas começam com um mosqueado amarelado nas bordas dos folíolos da folhas da parte inferior da planta, por este nutriente ser móvel na planta, estas áreas cloróticas avançam para o centro dos folíolos, iniciando, então a necrose das áreas mais amareladas. Esta necrose avança para o centro dos folíolos e, finalmente, as áreas necrosadas ficam quebradiças, deixando os folíolos com aspecto esfarrapados (BORKERT, 1993). As plantas com sintomas de deficiência apresentam hastes verdes, retenção foliar e formação de frutos partenocárpicos (MASCARENHAS et al., 1987; RAIJ; MASCARENHAS, 1976). Os estudos mostraram que esses sintomas foram devidos ao uso de cultivares com maior exportação de nutrientes por área e, portanto com maior exigência nutricional e também à aplicação de adubos com teores baixos de potássio.

Estimativas mais recentes de exportação de K, em função do rendimento de grão de variedades mais produtivas, confirmaram a recomendação de aplicar 20 kg de  $K_2O$  para cada tonelada de grãos produzida, embora haja tendência no solo argiloso de que a exportação seja um pouco menor. O aumento das doses aplicadas nos solos tende a aumentar a concentração deste nutriente exportado pelo grão, sendo este aumento, mais pronunciado e evidente até a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (EMBRAPA, 2006).

Ainda hoje, apesar da elevada exigência, são poucos os trabalhos em que se observam respostas dessa cultura à adubação potássica. Os fatores que determinam a ausência deste efeito estão relacionados ao tipo de solo, ao nível do nutriente no solo, a exigência nutricional do cultivar e o tempo de duração reduzido dos experimentos, além da aplicação inadequada do fertilizante.

A falta de resposta à adubação potássica determinou a adoção de práticas pelos produtores, que resultaram na redução dos teores de K disponível nos solos cultivados com soja. Os teores de K trocável nos solos que apresentavam, em sua maioria, teores superiores a  $1,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K, foram se reduzindo, principalmente, devido a diminuição da quantidade de K utilizada nos programas de fertilização da cultura e ao aumento da extração de K do solo, gerado pelo melhoramento genético dos cultivares para aumento de produtividade e ao uso

intensivo da terra pelos programas de cultivos sucessivos (MASCARENHAS et al., 1987).

A redução dos teores de K disponível, em áreas sob cultivos sucessivos de soja, tem ocorrido mesmo quando quantidades de 33 a 66 kg ha<sup>-1</sup> de K têm sido aplicadas anualmente (BORKERT et al., 1997a; ROSOLEM et al., 1984). Ainda assim, dependendo do tipo de solo e dos teores de K no solo, a cultura da soja não tem apresentado respostas à produção de grãos, para as aplicações de K elevadas, apesar de serem verificados aumentos na concentração de K nas folhas e nos grãos (BORKERT et al., 1993; BORKERT et al., 1997).

A reposição de K deve compensar a exportação de K pelas culturas e pelas perdas por lixiviação e erosão, e assim, evitar o risco de limitar a produtividade pela sua deficiência. Estas deficiências podem ser verificadas através de seus sintomas visíveis na planta ou pela chamada “fome oculta” (deficiência não visível do K), portanto, além da utilização de práticas conservacionistas, deve-se acompanhar a evolução da fertilidade do solo através de análises de tecido vegetal, análises de solos e de grãos (VILELA et al., 2002), para evitar possíveis perdas de produtividade devido a falta de K.

Em experimento de longa duração realizado em Latossolo Roxo álico, Borkert et al.(1997), verificaram que nos dois primeiros anos de plantio de soja sem adição de potássio mineral, mesmo em solos de média disponibilidade do nutriente, não verificou diferenças de produtividade, somente no terceiro ano que houve redução. O mesmo ocorreu em experimentos de longa duração para avaliar o efeito direto e, ou, residual de doses de K em soja, realizados nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, mostrando que as concentrações de potássio diminuem tanto no solo como nas folhas, com os cultivos sucessivos, afetando negativamente a produtividade (MASCARENHAS et al., 1981; ROSOLEM et al., 1984; 1992; BORKERT et al., 1997).

### 1.1.1 Recomendação de adubações com potássio

a) Recomendação 1: Segundo a EMBRAPA Soja – Londrina-PR (2005), para a recomendação de uso de adubação no Arenito Caiuá, foi feita uma extrapolação das recomendações utilizadas em areias quartzosas do Brasil Central, visto que, não existe pesquisa neste tipo de solo.

A indicação para adubação corretiva com potássio, de acordo com a análise do solo é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2 – Interpretação de níveis no solo e sugestão para adubação com potássio para soja no Arenito de Caiuá

Interpretação de teor de K no solo		Sugestão de adubação de correção
mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
≤25	≤0,06	100 <sup>1</sup>
25 a 50	0,06 a 0,13	50 <sup>1</sup>
>50	>0,13	0

1) Aplicação parcelada de 1/3 na semeadura da soja e 2/3 em cobertura 20 a 30 dias após a semeadura. Estando o nível de K extraível acima do valor crítico (50 mg dm<sup>-3</sup> ou 0,13 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), indica-se a adubação de manutenção de 20 kg de K<sub>2</sub>O para cada tonelada de grãos a ser produzida. Fonte: EMBRAPA, 2005

Esta adubação deve ser feita a lanço, em solos com teor de argila maior que 20%, e em solos com teor de argila menor que 20%, não se deve fazer adubação corretiva com potássio, devido a acentuadas perdas por lixiviação.

Na semeadura da soja, como manutenção, aplicar 20 kg de K<sub>2</sub>O para cada 1.000 kg de grãos que se espera produzir, portanto, para solos com menos de 20% de argila, deve-se aplicar apenas a adubação de manutenção.

Nas dosagens de K<sub>2</sub>O acima de 50 kg<sup>-1</sup>, ou quando o teor de argila for menor que 40%, fazer na adubação de base 1/3 da quantidade total indicada e 2/3 em cobertura, aos 20 a 30 dias após a germinação, para variedades precoces e tardias, respectivamente (EMBRAPA, 2005).

b) Recomendação II: Embrapa (2005) a indicação para adubação com potássio, de acordo com a análise do solo, são apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3 – Níveis de interpretação dos teores de potássio ( $K^+$ ) na análise de solo para a cultura da soja (Método Mehlich<sup>1</sup>)

Níveis de potássio /	Classes de solos	Argiloso	Arenoso
		mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>
<b>Baixo</b>		≥ 0,10	≤ 0,25
<b>Médio</b>		0,11 a 0,20	0,26 a 0,50
<b>Alto</b>		0,21 a 0,30	> 0,50
<b>Muito Alto</b>		> 0,30	

\* Solos argilosos com teores de argila ≥ 360 g kg<sup>-1</sup> e arenoso < 360 g. kg<sup>-1</sup>  
 Fonte: Embrapa (1999); Oliveira *et al.*, (1989); IAPAR (2000)

TABELA 4 – Quantidade de potássio ( $K_2O$ ) recomendado para adubação da cultura da soja

Níveis /	Classes de solos	Argiloso	Arenoso
		kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
<b>Baixo</b>		90	100
<b>Médio</b>		70	50
<b>Alto</b>		50	20
<b>Muito Alto</b>		40	20

\*Solos argilosos com teores de argila ≥ 360 g kg<sup>-1</sup> e arenosos < 360 g kg<sup>-1</sup>  
 Fonte: Embrapa (2005).

## 1.2 Nitrogênio

O Nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Estima-se que, para produzir 1.000 kg de grão de soja, sejam necessários 80 kg de N. Basicamente, as fontes de N disponíveis para a cultura da soja podem ser provenientes do solo (oriundos da decomposição da matéria orgânica e das rochas), dos fertilizantes nitrogenados, das descargas elétricas e do processo de Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), através de associações com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (HUNGRIA et al., 1997), sendo que a FBN pode fornecer todo nitrogênio que a soja necessita, desde que respeitadas todas as regras para uma boa nodulação (HUNGRIA et al., 2001).

Segundo Câmara et al. (1998), a adubação da soja com N mineral, pode causar uma redução da FBN, devido ao fato deste sistema ser muito exigente

em energia (16 ATPs por unidade de N fixado), e quando a planta tem uma fonte prontamente assimilável (adubos minerais solúveis), com menor gasto de energia, ela prioriza a absorção do N mineral, em forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), em detrimento da FBN. Caso esta fonte de N mineral não seja suficiente para atender toda necessidade da planta, no final, o balanço entre o fato positivo de fornecer N à planta com baixo gasto de energia e o negativo de prejudicar os mecanismos de FBN, pode trazer queda de produtividade.

Algumas formas de adubação com nitrogênio mineral são aceitas como benéficas à cultura, embora sejam pontos ainda polêmicos e que devem ser tratados com cuidado pelos profissionais da pesquisa junto com os produtores e técnicos de extensão, como, por exemplo, a adubação de arranque, que se refere ao uso de pequenas doses de nitrogênio (8 a 12 kg ha<sup>-1</sup>), junto com a adubação de base, normalmente feitas pelo fato de adubos de formulas comerciais contendo nitrogênio poder ser mais baratas aos produtores, por ex: 02-20-20, 04-20-20, 3-15-15, etc. Recentemente, em função do aumento do plantio direto da soja sobre maior volume de palha com elevada relação C/N, alguns autores vem recomendando nestas situações o uso de 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, dosagens estas que podem ser consideradas prejudiciais ao estabelecimento dos primeiros nódulos e a FBN. Em algumas regiões como no norte e noroeste de São Paulo, onde há temperaturas favoráveis ao ciclo da soja nos meses de inverno (junho a agosto), é feito o avanço de gerações de sementes de alguns cultivares. Como nessas épocas do ano é mais seco, tem-se que lançar mão da irrigação. Tanaka e Mascarenhas (1992), relatam o benefício da aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, para compensar a baixa eficiência da FBN devido as temperaturas nesta época do ano serem aquém do ótimo favorável a esta FBN. O crescimento do plantio direto no país tem proporcionado algumas situações recentes, em que, aparentemente, adubação mineral nitrogenada na soja pode trazer algum efeito positivo, como em áreas onde se tem um volume muito grande de palha (após a cultura de milho safrinha ou milheto), ou em áreas de plantio em solos de pastagens degradadas. No primeiro caso, quando se tem um grande volume de palha com relação C/N muito alta (em torno de 60:1 a 80:1 ou mais), pode-se ter uma forte imobilização do N por parte dos microorganismos decompositores, levando ao quadro de deficiência momentânea de N, onde se aplicando N mineral pode-se ter resposta positiva na produtividade, no entanto este N favorecerá muito mais a palha proveniente da safra anterior do que a palha

adicionada recentemente no sistema. No segundo caso, pastagens degradadas, que é um ambiente de baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água, normalmente com acidez pronunciada, etc., este ambiente não é favorável a FBN, portanto, em alguns casos se tem resposta favorável a aplicação de N mineral. Há, também, alguns casos de adubação nitrogenada em cobertura na cultura da soja, feita em estádios avançados da cultura, estádios reprodutivos da frutificação ou granação da cultura, quando o processo de FBN começa a diminuir sua atividade e se quer uma soja com elevados teores de proteína nos grãos (casos muito específicos).

Este trabalho teve como objetivo estudar o incremento da produtividade da cultura da soja, em função da adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, e seus reflexos nos parâmetros químicos do solo e na exportação de nutrientes pelos grãos, num solo Argissolo vermelho, derivado do Arenito Caiuá.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Município de Umuarama, Estado do Paraná, na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, localizada na Rodovia Palmital Km 2,5, com as seguintes coordenadas geográficas: 23°50' S; 53°18' W e altitude de 467 m. O solo foi identificado como sendo um Argissolo Vermelho, derivado do arenito Caiuá (EMBRAPA, 1999).

O clima é chuvoso, temperado quente e com raras geadas noturnas (subtropical úmido mesotérmico), apresentando tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22 graus centígrados e a dos meses mais frios é inferior a 18 graus centígrados. Classificação de Koppen, Cfa subtropical.

Foram coletadas amostras de solo e grãos e analisadas no Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), da seguinte forma: Amostra do solo, na profundidade de 0 a 20 cm, sendo: a) Solo da mata, representando o solo da região antes da sua utilização para culturas, próxima do local do experimento e solo do local do experimento, com histórico de exploração comercial de 8 anos de pastagem (ao final degradada) e 2 anos de culturas anuais(Tabela 5); b) De todas as parcelas, após colheita, foram coletadas amostras de solos e grãos. Para formação de cada amostra de solos e grãos, foram coletadas 15 sub-amostras.

TABELA 5 - Atributos químicos e físicos do solo, antes da instalação do experimento, na camada de 00 a 20 cm

Atributos	Antes plantio	
	Solo	Mata
<b>Químicos</b>		
pH em CaCl <sub>2</sub>	4,30	4,70
pH em SMP	5,10	5,50
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1/</sup>	23,00	9,00
Potássio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,30	1,60
Cálcio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,00	15,00
Magnésio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,00	5,00
Alumínio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,00	0,00
Hidrogênio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	18,00	22,00
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	12,00	17,0
V%*	26,74	49,54
Enxofre (SO <sup>4-2</sup> ) (mg dm <sup>-3</sup> )	6,40	12,40
Manganês (mg dm <sup>-3</sup> )	14,00	29,50
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )	43,50	19,00
Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )	0,60	0,80
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )	3,00	5,50
Boro (mg dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,20
<b>Físicos</b>		
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	64,80	52,40
Areia fina (g kg <sup>-1</sup> )	21,30	32,50
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	1,90	2,30
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	12,00	12,80
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,30	1,20
Densidade das partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,60	2,60

<sup>1/</sup>P em Resina; \*V% = Porcentagem de saturação de bases fornecida pela análise = (100xS)/CTC.  
 Extratores: Água quente – B, Melich 1 1:10 – K, Cu, Fé, Mn e Zn. KCl 1 N 1:10 – Al, Ca, Mg. Fosfato monocalcico em acido acético 2 M – Enxofre.

Os resultados demonstram a necessidade de se efetuar a correção deste solo com calagem, para correção de pH, fornecimento de cálcio e magnésio, e eliminação de Alumínio tóxico (EMBRAPA, 2005). Esta calagem poderia alterar totalmente o comportamento dos nutrientes no solo e sua exportação pelos grãos (PAVAN, 1983; CAIRES et al, 1998; CAIRES; FONSECA, 2000), influenciando sobre maneira, a produtividade da cultura. Esta calagem não foi efetuada devido ao fato de que existe, na região, um grande número de produtores resistentes ao uso desta tecnologia, acabam investindo somente na adubação de manutenção, e com isso, não atingem o potencial de produtividade das culturas, ficando estas vulneráveis a qualquer fator adverso, principalmente de clima.

Os resultados das análises físicas do solo demonstram a fragilidade do mesmo.

Para definição do estágio da cultura, foi utilizada a escala de Fehr et al., (1971).

Na área experimental, foi implantado o Sistema de Plantio Direto, com a seguinte sucessão de culturas: soja/milho safrinha, soja/aveia preta e a soja (experimento).

A cultivar utilizada foi a Monsoy 8001, sendo semeada em 17 de outubro de 2005.

Em relação às práticas culturais, realizou-se o tratamento das sementes com o fungicida, carboxin 200 g L<sup>-1</sup> + thiram 200 g L<sup>-1</sup>, na dosagem de 250 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente, com o inseticida Carbosulfano 250 g L<sup>-1</sup>, na dosagem de 750 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente, e, inoculação com inoculante contendo 2x10<sup>9</sup> Células vivas de *Bradyrhizobium japonicum*, por grama, utilizando-se 600.000 células por semente.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições, com parcelas de 6 linhas, espaçadas com 0,45 m e, comprimento de 8 m. Os tratamentos foram aplicados no estágio V4 da cultura, sendo: 1 – sem aplicação de adubos em cobertura; 2 – 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 20 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio. 3 – 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. 4 – 20 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio).

A adubação de base foi feita no sulco de semeadura, utilizando-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A fórmula comercial de adubo fosfatado utilizado, foi a 00-24-00, que continha, além de 24% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ainda, 15% de enxofre (S), 32,14% de cálcio (Ca), 0,35% de manganês (Mn), 0,471% de cobre (Cu), 0,792% de zinco (Zn), 0,235% de boro (B).

A adubação em cobertura foi feita na data de 23 de novembro de 2005, utilizando-se como fonte de nitrogênio, o sulfato de amônio, contendo 21% de nitrogênio (N) e 24% de enxofre (S), adotando a dose de 95,23 kg ha<sup>-1</sup>, para fornecer 20 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrogênio. Como fonte de potássio, utilizou-se o cloreto de potássio, contendo 61% de potássio (K<sub>2</sub>O), sendo a dose de 163,94 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, para fornecer 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, conforme recomendação de EMBRAPA, 2005. Foram utilizados, no experimento, estes fertilizantes como fonte de potássio e nitrogênio, devido a serem os mais utilizados na região pelos produtores de soja.

Todos os demais tratamentos culturais, quais sejam, controle de ervas daninhas, pragas, doenças e etc., foram feitas de acordo com as recomendações da EMBRAPA Soja, Londrina-PR (2005).

No final obteve-se o estande de 14 plantas por metro linear (311.111 plantas ha<sup>-1</sup>).

Após a maturação foram colhidas as quatro linhas centrais de cada parcela, por 5 m de comprimento de cada linha, tendo sido desprezados 1,5 m de cada extremidade. Os grãos foram submetidos à trilha, sendo determinado o rendimento à umidade de 130 g kg<sup>-1</sup>.

Foram coletadas as informações pluviométricas no local do experimento (apêndice).

Foram verificadas pelo teste de Tukey as diferenças entre as médias de tratamentos, ao nível de significância de 5% (BANZATTO; KRONKA, 1995).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 6 são apresentados os resultados das análises das amostras do solo obtidas para cada tratamento após a colheita, na profundidade de 00-20 cm.

TABELA 6 - Atributos químicos do solo com amostragem de 00-20 cm, após colheita da soja(média de 4 repetições): macronutrientes e micronutrientes

Atributos	CV%	Tratamentos após plantio			
		1	2	3	4
<b>Macronutrientes</b>					
pH em CaCl <sub>2</sub>	1,83	4,08a	4,08a	4,15a	4,00a
pH em SMP	1,08	6,23a	6,28a	6,30a	6,18 <sup>a</sup>
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1/</sup>	34,29	15,25a	18,25a	19,75a	21,75a
Potássio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	17,97	1,70a	1,90a	2,00a	1,60a
Cálcio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	19,75	6,00a	3,80b	4,80ab	5,30ab
Magnésio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	36,74	1,80a	1,30a	1,30a	1,50a
Alumínio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	14,98	3,80a	3,30a	3,50a	3,80a
Hidrogênio (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,98	31,20a	30,00a	28,80a	33,20a
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	7,91	14,50a	14,00a	12,50a	14,75a
Enxofre (mg dm <sup>-3</sup> )	138,55	4,35a	2,53a	0,68a	2,84a
SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	17,50	9,50a	7,00a	8,10a	8,40a
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,50	44,50a	40,30a	40,40a	45,4a
V%*	16,54	21,39a	17,37a	20,05a	18,50a
<b>Relação entre nutrientes</b>					
Ca/Mg**	33,72	3,5a	3,25a	3,96a	3,88a
Ca/K**	23,05	3,65a	2,02b	2,44ab	3,44ab
Mg/K**	40,95	1,06a	0,68a	0,68a	1,03a
(Ca + Mg)/K**	25,39	4,71a	2,7a	3,12a	4,47a
K√Ca + Mg**	15,99	0,19a	0,26a	0,25a	0,19a
<b>Participação na CTC***</b>					
Potássio	17,04	3,71a	4,67a	4,91a	3,48a
Cálcio	20,96	13,56a	9,48a	11,86a	11,55a
Magnésio	32,28	3,97a	3,07a	3,24a	3,28a
Hidrogênio	4,88	70,35a	74,66a	71,27a	73,36a
Alumínio	15,14	8,40a	8,11a	8,75a	8,33a
<b>Micronutrientes</b>					
Manganês (mg dm <sup>-3</sup> )	13,56	63,38a	63,55a	61,63a	69,73a
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )	26,32	51,45a	50,23a	47,3a	50,43a
Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )	27,86	0,93a	0,93a	1,28a	1,08a
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )	21,21	3,85a	3,78a	4,10a	5,03a
Boro (mg dm <sup>-3</sup> )	38,54	0,36a	0,37a	0,38a	0,31a

<sup>1/</sup> P em Resina; \*V% = Porcentagem de saturação de bases fornecida pela análise = (100xS)/CTC;

\*\*Ca = Cálcio, Mg = Magnésio, K = Potássio

Extratores: Água quente – B, Melich 1 1:10 – K, Cu, Fé, Mn e Zn. KCl 1 N 1:10 – Al, Ca, Mg. Fosfato monocalcico em acido acético 2 M – Enxofre. \*\*\*Participação na CTC – Valores médios dos resultados dos tratamentos

O resultado da análise do K foi totalmente compatível com todos os trabalhos apresentados por outros autores, isto é, mesmo em áreas, onde não foi aplicado potássio, e onde houve exportação deste nutriente pela colheita, após uma safra agrícola, verificou-se que não houve diferença estatística entre os teores de K no solo, para todos os tratamentos, ou seja, tinha-se pouco K no solo, plantou-se sem aplicação de K (Tratamento 1 e 4), extraiu-se K com a colheita e mesmo assim não houve diferença nos teores de K do solo. Provavelmente, a cultura aproveitou o K aplicado em anos anteriores e que foi disponibilizado para a solução do solo.

Estudos feitos por Bortoluzzi et al., (2005), verificaram que os solos contêm reservas significativas de K (3 a 200 ton ha<sup>-1</sup>) tanto na fração grosseira (minerais de feldspatos) quanto na argila (micas, ilitas e interestratificados do tipo ilita-esmectita).

Os teores de K total, K não-trocável e K trocável foram incrementados com a adição de fertilizantes potássicos, refletindo no aumento das fases minerais ilita e interestratificado do tipo ilita-esmectita, em comparação com solo sem adição de fertilizantes potássicos. Portanto, o histórico de cultivos e adubações anteriores, influencia sobre maneira a disponibilidade de K para as plantas, visto que, estas adubações podem influenciar na composição química dos minerais. Os Argissolos Vermelhos contêm grandes quantidades de minerais do tipo ilita, que contém de 4 a 7% de K, enquanto que solos mais argilosos com minerais de CTC mais elevadas, podem possuir menor capacidade de reter K nas entre camadas de seus minerais, como por exemplo, a montmorilonita, que contém de 0 a 0,5% de K.

A utilização do teor de K trocável como fator de avaliação do K disponível do solo pode não ser adequado para a recomendação da adubação com K. Devido a elevada mobilidade do nutriente no solo, este índice utilizado isoladamente não representa de maneira eficiente a disponibilidade do K em solos com características mineralógicas, físicas e químicas distintas (MEURER; ANGHINONI, 1993), pois as plantas podem utilizar-se de formas de K não trocáveis, liberadas durante o ciclo da cultura (ROSOLEM; NAKAGAWA, 1984). Todo esse processo dinâmico do K nos solos tem como conseqüência uma diversidade de valores críticos de K trocável, encontrados na literatura, para a obtenção da produção relativa máxima da soja (BORKERT et al., 1993; MASCARENHAS et al., 1987; RAIJ; MASCARENHAS, 1976).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6, pode-se verificar que, para o elemento cálcio e para a relação entre cálcio e potássio, houve diferença significativa entre o tratamento 01 e 02, devido, provavelmente, as interações ocorridas entre os nutrientes.

O resultado de produtividade é apresentado na Tabela 7.

TABELA 7 - Resultados de produção de grãos em kg ha<sup>-1</sup>, obtidos nos diferentes tratamentos

<b>Tratamento</b>	<b>Produção obtida em kg há<sup>-1</sup></b>
1 – Testemunha (sem aplicação de adubos em cobertura)	2.215,10 <sup>NS</sup>
2 - 100 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O e 20 kg ha <sup>-1</sup> de Nitrogênio	2.277,23 <sup>NS</sup>
3 - 100 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	2.426,28 <sup>NS</sup>
4 – 20 kg ha <sup>-1</sup> de Nitrogênio	2.263,57 <sup>NS</sup>

\*Dados corrigidos para 13% de umidade. CV% - 12,6%.

NS: Não Significativo

Não houve diferença significativa nas produções obtidas nos tratamentos avaliados, o que é perfeitamente compatível com experimento de longa duração realizado em Latossolo Roxo-álco por Borkert et al. (1997), onde foi verificado que nos dois primeiros anos de plantio de soja sem adição de K mineral, mesmo em solos de média disponibilidade do nutriente, não se verificou diferenças de produtividade, somente no terceiro ano que se verifica queda na produtividade. O mesmo ocorreu em experimentos de longa duração para avaliar o efeito direto e, ou, residual de doses de K em soja, realizados nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, mostrando que as concentrações de K diminuem tanto no solo como nas folhas, com os cultivos sucessivos, afetando negativamente a produtividade (MASCARENHAS et al., 1996; ROSOLEM et al., 1984; YAMADA; BORKERT, 1991; BORKERT et al., 1997).

Os resultados também foram compatíveis com trabalhos exploratórios de resposta a adubação potássica realizada por Palhano et al., 1983, em três solos Latossolo Roxo álco, no Paraná, com disponibilidade média de K, onde não foram encontradas respostas a adubação com K na cultura da soja para uma safra agrícola. Comprovaram que em solos de textura média e de textura argilosa, com boa disponibilidade de K-Trocável, é possível obter boas produtividades sem a aplicação de K. Porém, nos anos seguintes, será necessário repor a quantidade que foi exportada pelas culturas naquele ano e ainda aplicar a adubação de manutenção

para o próximo cultivo. A prática de aproveitamento do K residual pode ser utilizada nos anos em que o agricultor está com poucos recursos financeiros e a relação de troca adubo e produto, elevada.

As relações entre o Ca, Mg e K, podem ter interferido no resultado ao ponto de não haver resposta a adubação com K. De acordo com Oliveira et al. (2001), a falta de resposta da soja à aplicação de K pode estar relacionada com suas interações com o Ca e o Mg do solo e, portanto, com a calagem. Quando a relação (Ca+Mg)/K trocável no solo foi superior a 36 ou a relação dos teores foliares (Ca+Mg)/K superior a 3,6, foram verificadas as menores produções de material vegetal e plantas com sintomas de deficiência e teores foliares reduzidos de K. Por outro lado, as maiores produções, aliadas ao maior equilíbrio dos teores foliares de K, Ca e Mg foram obtidas quando a relação (Ca+Mg)/K trocável no solo apresentava-se entre 20 e 30. A relação (Ca+Mg)/K trocável no solo mostrou-se um índice importante de avaliação da disponibilidade do K no solo para a cultura da soja. A recomendação de adubação potássica para a cultura da soja também deve considerar a quantidade de calcário aplicada.

Essa relação entre os nutrientes foi analisada por Mascarenhas et al. (1987), em mais de 100 amostras de solo de campos de produção de soja. Os autores observaram que a alta produtividade de grãos foi obtida quando o índice de (Ca + Mg)/K no solo estava entre 23 e 31.

A aplicação de nitrogênio mineral não trouxe acréscimo de produtividade, o que é compatível com a conclusão de vários trabalhos de pesquisa conduzidos em rede nacional pela EMBRAPA soja, identificaram que, a aplicação de N mineral na semeadura da soja, ou em cobertura, tanto em pequenas doses (20 a 40 kg de N ha<sup>-1</sup>), quanto em elevadas doses (200 a 400 kg de N ha<sup>-1</sup>), em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura, em sistema de semeadura direta ou convencional, não traz nenhum incremento de produtividade para a soja (HUNGRIA et al., 1997). O N dos fertilizantes nitrogenados possui custo elevado e é de baixa utilização pela planta. A sua adição, ao solo, aumenta a decomposição do material orgânico e devido a sua fácil lixiviação é altamente poluente. Sabe-se que o N proveniente da FBN é mais eficientemente translocado para os grãos do que o N mineral. Inclusive a adição de N mineral pode reduzir parcial ou totalmente a FBN, e, conseqüentemente, reduzir produtividade.

Mesmo neste tipo de solo, em um ano que o clima não foi favorável (veranico e altas temperaturas), portanto, com características de baixo potencial produtivo, ainda assim, obteve-se uma produtividade média, de 2.295,54 kg ha<sup>-1</sup>, muito próxima da média nacional de produtividade da soja, que é de 2.492,50 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2006).

Nos solos derivados do Arenito Caiuá, as “manchas de solo” são muito evidentes e, por mais que se defina uma área homogênea para instalação do experimento, tem-se uma grande probabilidade de alguma parcela cair em uma mancha de solo mais fértil ou menos fértil. No experimento realizado, tanto a maior produtividade por parcela (2.742,89 kg ha.<sup>-1</sup>), quanto a menor produtividade por parcela (1.827,56 kg ha<sup>-1</sup>), foi verificada no Tratamento 3 (Aplicação de Cloreto de Potássio em cobertura).

A cultura da soja responde muito mais ao histórico do manejo do solo e as adubações que vem sendo feitas pelo produtor ao longo dos anos de plantio das culturas (histórico da área), do que a adubação com nitrogênio ou com potássio, efetivamente realizada na cultura.

Caso seja observada na região do Arenito Caiuá, alguma resposta à adubação com N mineral deve-se investigar os fatores que afetam a eficiência do processo de FBN, pois a FBN pode e deveria suprir toda a necessidade de N da cultura.

Porém deve-se ressaltar que, a utilização da correção do solo, através de aplicação de calcário, deve ser uma prática prioritária neste tipo de solo, ou seja, de nada adianta buscar alternativas de tecnologias de nutrição de plantas, se a tecnologia básica que é a aplicação de calcário, não é feita de maneira eficiente.

Os resultados das análises de grãos estão apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 - Resultado de análise de grãos (média de 4 repetições) e o coeficiente de variação (CV%) dos macronutrientes e micronutrientes

Atributos g kg <sup>-1</sup>	CV%	Tratamentos após colheita			
		1	2	3	4
<b>Macronutrientes</b>					
Nitrogênio	6,12	54,03a	57,28a	57,25a	55,63a
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )	9,33	4,00a	4,25a	3,80a	4,14a
Potássio (g kg <sup>-1</sup> )	9,28	15,88a	16,80a	8,40b	16,58a
Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )	14,29	2,75a	2,58a	2,75a	2,65a
Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )	9,44	1,78a	1,88a	1,70a	1,85a
Enxofre (g kg <sup>-1</sup> )	9,03	3,70ab	4,15a	3,23b	3,95ab
<b>Micronutrientes</b>					
Boro (mg kg <sup>-1</sup> )	10,5401	36,70a	35,38a	37,10a	36,20a
Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	9,9243	9,25a	9,50a	9,75a	9,50a
Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )	37,7015	68,25a	70,50a	94,75a	80,00a
Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	20,7219	47,00a	72,50a	65,50a	58,75a
Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	11,5776	46,75a	48,50a	40,75a	50,50a

Pode-se constatar que a adubação com K não influenciou a exportação de N pelos grãos.

Houve uma menor exportação de K pelo grão no Tratamento 3.

Para o enxofre (S), o Tratamento 3 diferiu significativamente do Tratamento 2, ou seja, houve uma menor exportação de S no Tratamento 3.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em lavouras cultivadas há vários anos e com níveis satisfatórios de nutrientes, a física do solo e, principalmente a biologia do solo, associadas às condições climáticas favoráveis, tem maior participação no potencial produtivo de uma lavoura do que a adubação que nela foi feita.

A aplicação de calagem no solo utilizado no experimento seria fundamental, pois sabe-se que, com exceção do ferro, cobre, manganês e zinco, que diminuem a sua disponibilidade com a elevação do pH, todos os demais nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, molibdênio e cloro) têm sua disponibilidade aumentada pelo uso racional da calagem.

Não seria recomendável cultivar soja nesta área, onde se tem uma maior disponibilidade de alumínio, que é tóxico para a cultura da soja, do que de cálcio ou de magnésio, que são nutrientes que a cultura exige em grandes quantidades.

Nos solos de CTC baixa, a simples neutralização do alumínio trocável não é suficiente para o bom desenvolvimento da cultura e para obtenção de produtividades elevadas, porque somente a neutralização do alumínio não permite, em muitos casos, o fornecimento de cálcio e magnésio para a cultura, portanto, nem sempre o parâmetro de elevar a V% destes solos para 50% irá garantir o suprimento necessário desses nutrientes para a cultura.

Com este solo apresenta uma CTC próxima de  $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , e a referencia para este tipo de solo, é a de que devemos trabalhar com teores de cálcio acima de  $16,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e com teores de magnésio acima de  $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , neste caso, poderíamos e deveríamos trabalhar com valores de V% superiores a 50%, ou seja, o critério de saturação de bases em que ser encarado como um critério de valor relativo.

Pode-se observar que, mesmo com vários fatores contra as boas práticas agrícolas, principalmente com relação a falta de correção do solo, e mesmo com o clima não muito favorável(ocorreram veranicos durante o ciclo da cultura), obteve-se uma produtividade próxima a média do Brasil.

Historicamente, este produtor, em anos de chuvas mais regulares, alcança bons níveis de produção (ate  $3.300 \text{ kg há}^{-1}$ ), mesmo sem fazer a calagem, e

chega a conclusão que esta tecnologia não é tão importante, o mais importante é a chuva regular.

Quando o produtor deixa de utilizar uma tecnologia, como no experimento, a falta de correção do solo, todas as outras conclusões a respeito da nutrição das plantas, passam a não ser confiáveis, portanto, é de fundamental importância que a assistência técnica da região noroeste do Estado do Paraná, não tire conclusões neste tipo de situação e, portanto, não passe a errar nas suas recomendações.

Com relação a exportação de nutrientes pelos grão da soja, observou-se que, os valores encontrados foram compatíveis com os encontrados por outros autores, com exceção do fósforo (P) e do potássio (K).

Com relação a lixiviação do potássio aplicado, sabe-se que, mesmo em solos com textura mais arenosa a perda de potássio por lixiviação pode ser muito reduzida, quanto maior for a massa produzida pela cultura de cobertura.

O clima da região (média dos últimos trinta anos) é adequado e atende as exigências hídricas e térmicas da cultura da soja.

O plantio da cultura da soja na região aumentou muito nos últimos anos (apêndice), o que demonstra a sua viabilidade. No entanto, como o perfil da maioria dos produtores que migraram para esta região são arrendatários, com baixa capacidade de investimento, ou são pecuaristas que não tem afinidade com a agricultura, e acabam não investindo corretamente na produção, principalmente com relação a nutrição, e mais especificamente, com relação a correção do solo com a calagem, e isto torna a atividade de alto risco.

## 5 CONCLUSÃO

A luz destes resultados permite-se concluir que:

a) Não houve aumento significativo de produtividade na cultura da soja, cultivada em Argissolo Vermelho, quando se faz adubação em cobertura com potássio (cloreto de potássio) e com nitrogênio (sulfato de amônio).

b) O presente experimento ratifica os resultados obtidos em outros experimentos conduzidos em outras regiões do Brasil, em solos semelhantes.

c) Não houve diferenças significativas nos parâmetros de solo, exceto no teor de Cálcio.

d) Em termos de exportação de nutrientes pelos grãos, não houve diferenças significativas, exceto para potássio e enxofre.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANZATTO, D. A. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: UNESP, 1995. 247 p.

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; SILVA, D. N. da. Calibração de potássio trocável para soja em latossolo roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, 1993.

BORKERT, C. M. et al. Decréscimo da disponibilidade de potássio em solos cultivados com soja-trigo no Paraná (04.0.94.326-01): efeito residual da aplicação de potássio na semeadura no sulco e a lanço. In: EMBRAPA SOJA. **Resultado de pesquisa da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa, 1997. (Documentos Embrapa Soja; n. 118).

BORTOLUZZI, E. C. et al. Alterações na mineralogia de um Argissolo do Rio Grande do Sul afetado pela fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 327-335, 2005.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CAMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia de produção**. Piracicaba: G. M. S. CAMARA, 1998.

CAIRES, E. F. et al. Alterações das características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície e sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E. E.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CONAB. Estimativa do levantamento, 2006. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Tecnologia de Produção de soja – Paraná, 2005**. Londrina-PR: Sistemas de Produção, EMBRAPA Soja, 2005. 224 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.  
FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Paraná.** Londrina, 1984. 791 p.

EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER-PR. Vinculada à Secretaria de Agricultura e do Abastecimento. **Arenito Caiuá, Integração Agricultura e Pecuária.** Curitiba, 1998. 52 p. (Informação Técnica, 41).

FEHR, W. R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L). **Merrill Crop Science**, Medison, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

HUNGRIA, M. **Adubação nitrogenada na soja.** Londrina: EMBRAPA, 1997. (Comunicado Técnico, n. 57).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja.** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2001. 48 p. (Circular técnico, 35)

MACARENHAS, H. A. A. et al. Calagem e adubação da soja. In: Fundação Cargil. **A soja no Brasil Central.** 2.ed.. Campinas: Fundação Cargil, 1982. p. 137-211.

\_\_\_\_\_. **Haste verde e retenção foliar em soja por deficiência de potássio.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1987. 15 p. (Boletim Técnico, 119).

\_\_\_\_\_. Soja. In: RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p. 202-203. (Boletim Técnico, 100).

MELO, V. F. et al. Importância das espécies minerais do potássio total da fração argila de solos do triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo.** Viçosa, v. 27, p. 807-819, 2003.

MEURER, E. **Disponibilidade de potássio para plantas e sua relação com formas, mineralogia e cinética de liberação no solo.** Porto Alegre: UFRGS, 1992. 137 p.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 17, p. 377-382, 1993.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. A solução do solo. In: MEURER, E.J., ed. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 63-76.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e sua relação com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**. Piracicaba. v. 58, n. 2, p. 329 – 335, 2001.

OLIVEIRA, F. A. de et al. Resposta da soja a aplicação de potássio em solos de baixa CTC. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004. Lages. Fertbio 2004: avaliação das conquistas: base para estratégias futuras. Lages. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM.

PAVAN, M. A. Alumínio e alguns solos ácidos do Paraná. Relação entre o alumínio não trocável e solúvel com o pH, CTC, percentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 7, p. 39-46, 1983.

RAIJ, B. V.; MASCARENHAS, H. A. A. Calibração de potássio e fósforo em solo para soja. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. **Anais...** Campinas, SBCS, 1976. p. 309-315.

ROSOLEM, C. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R. Adubação potássica da soja em Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 19, n. 11, p. 1319-1326, 1984.

ROSOLEM, C. A. et al. Efeitos de modos de aplicação, doses e fontes de potássio na produção da soja. **Revista da Agricultura**, Piracicaba. v. 54, n. 1, p. 13-19, 1979.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. **Soja, nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargil, 1992. 60 p. (Série Técnica 7).

VIDOR, C.; FREIRE, J. R. J. Calibração das análises de solo para a cultura da soja (*Glycine max* Merrill). **Agronomia Sulfiograndense**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 63-71, 1971.

VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. de; SILVA, J. E. da. Adubação potássica. In: SOUZA, D. M. G. de, LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2002. p. 169-183.

YAMADA, T.; BORKERT, C. M. Adubação potássica da soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 55, p. 1-3, 1991.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L.C.; HILLESHEM, J. Adubação fosfatada e potássica da soja no cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 1-5, Jun. 2002.

## APÊNDICES

### I – Temperaturas da região de Umuarama de janeiro de 1977 a junho 2006

ANO	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho	
	Min.	Máx.										
<b>1977</b>	20,9	28,9	21,7	31,7	21,2	31,4	17,1	27,6	15,7	26,2	14,3	24,4
<b>1978</b>	21,7	31,8	21,4	33,4	21,1	31,2	16,5	29,1	13,8	25,5	14,2	24,9
<b>1979</b>	19,2	30,8	20,8	31,0	20,1	30,0	16,3	26,5	14,2	23,4	13,2	25,3
<b>1980</b>	20,0	30,6	20,8	29,6	21,8	31,6	19,1	28,6	16,3	26,0	12,9	23,1
<b>1981</b>	20,8	30,6	21,1	30,9	19,8	30,4	17,8	28,3	17,2	27,6	12,9	21,9
<b>1982</b>	20,2	30,9	20,9	30,2	19,8	28,9	17,1	28,6	14,8	24,9	14,5	22,6
<b>1983</b>	21,6	30,5	21,2	30,0	19,2	28,4	18,7	27,3	17,2	24,4	12,0	18,7
<b>1984</b>	21,9	31,1	21,9	32,2	20,8	30,2	16,9	26,6	17,1	25,9	15,0	25,1
<b>1985</b>	20,7	30,6	21,4	30,4	20,6	29,0	18,8	27,3	15,4	25,0	12,9	22,7
<b>1986</b>	21,6	31,9	20,8	29,2	19,9	29,2	19,5	28,4	16,2	24,7	15,1	25,1
<b>1987</b>	21,1	30,5	19,6	28,5	19,8	30,2	19,2	28,0	13,5	21,3	12,5	22,5
<b>1988</b>	22,0	31,6	20,1	29,0	21,7	31,2	19,2	27,0	14,9	22,8	13,1	22,4
<b>1989</b>	20,4	27,3	20,9	28,9	19,8	29,6	16,6	28,2	14,8	24,6	13,9	22,3
<b>1990</b>	21,2	28,9	20,8	30,4	21,3	31,3	20,3	28,8	14,3	23,2	13,6	22,6
<b>1991</b>	21,5	31,3	20,6	30,7	20,7	29,3	18,8	27,7	16,5	25,3	15,5	24,3
<b>1992</b>	21,8	32,3	21,9	31,2	20,2	28,2	17,4	26,1	16,7	23,8	16,8	24,9
<b>1993</b>	21,4	31,1	19,7	28,9	20,8	30,5	19,4	28,9	15,2	25,2	13,5	22,8
<b>1994</b>	20,9	29,7	21,6	31,0	19,8	29,1	18,4	27,8	17,5	25,9	13,8	23,4
<b>1995</b>	21,7	29,4	21,1	29,9	20,4	29,8	16,0	26,9	14,9	24,9	15,7	25,5
<b>1996</b>	21,5	30,2	21,2	30,1	20,2	28,6	18,8	28,0	16,2	25,5	12,8	22,4
<b>1997</b>	21,4	29,9	21,3	30,0	19,7	30,1	17,3	28,9	15,9	25,8	13,6	21,4
<b>1998</b>	22,4	32,5	21,7	30,1	20,8	29,6	18,4	26,2	14,8	23,9	13,3	23,2
<b>1999</b>	21,2	30,9	21,3	30,8	21,3	30,4	17,8	28,3	14,4	27,7	13,5	22,4
<b>2000</b>	21,2	32,3	20,9	29,9	21,6	31,5	19,1	29,1	14,1	23,8	15,7	24,3
<b>2001</b>	21,7	30,8	21,6	30,2	21,4	30,8	20,3	29,6	14,7	23,9	13,5	22,3
<b>2002</b>	20,6	30,8	20,4	30,5	22,8	33,5	21,5	33,7	17,2	25,2	17,0	26,4
<b>2003</b>	21,8	31,2	21,8	31,0	20,6	31,2	18,6	28,9	14,5	26,0	17,4	27,1
<b>2004</b>	20,9	31,9	20,3	31,8	20,4	31,9	19,9	29,3	13,7	21,0	14,3	23,0
<b>2005</b>	21,5	29,9	21,4	31,9	21,4	33,4	20,1	30,3	17,2	27,2	17,1	26,2
<b>2006</b>	21,6	31,7	21,0	30,9	21,1	31,0	18,2	28,2	-	-	-	-
<b>Média Anual</b>	<b>21,2</b>	<b>30,7</b>	<b>21,0</b>	<b>30,5</b>	<b>20,7</b>	<b>30,4</b>	<b>18,4</b>	<b>28,3</b>	<b>15,5</b>	<b>24,8</b>	<b>14,3</b>	<b>23,6</b>

Fonte: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB. Departamento de Economia Rural - DERAL. Núcleo Regional de Umuarama

## II – Temperaturas da região de Umuarama de julho de 1977 a dezembro 2006

ANO	Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		Média	
	Min.	Máx.												
<b>1977</b>	17,3	27,4	14,8	25,5	17,8	27,0	18,8	29,6	19,2	28,4	21,6	31,4	18,4	<b>28,3</b>
<b>1978</b>	15,7	26,1	13,0	24,2	16,2	25,5	18,9	30,0	19,5	28,9	20,8	30,8	17,7	<b>28,5</b>
<b>1979</b>	12,8	22,6	16,7	27,4	14,9	24,6	18,6	28,4	18,1	28,2	20,9	29,1	17,2	<b>27,3</b>
<b>1980</b>	14,1	24,1	15,3	24,9	13,1	23,2	18,4	28,5	18,7	28,7	21,0	30,0	17,6	<b>27,4</b>
<b>1981</b>	11,2	22,9	16,3	26,4	16,5	27,6	17,4	25,4	19,9	29,5	19,3	27,7	17,5	<b>27,4</b>
<b>1982</b>	15,2	24,6	16,3	25,7	16,9	26,3	18,0	27,5	19,7	27,1	19,3	27,2	17,7	<b>27,0</b>
<b>1983</b>	15,0	22,8	14,2	26,2	14,5	22,4	17,7	26,6	18,6	28,1	20,2	30,3	17,5	<b>26,3</b>
<b>1984</b>	15,3	26,3	13,1	23,5	15,1	26,9	20,1	30,2	20,0	28,7	19,8	28,3	18,1	<b>27,9</b>
<b>1985</b>	12,6	22,7	15,5	25,7	16,6	26,7	18,6	30,0	21,2	31,7	22,3	33,4	18,1	<b>27,9</b>
<b>1986</b>	13,7	23,6	16,0	24,7	15,4	25,7	17,4	28,1	20,5	29,2	20,6	29,5	18,1	<b>27,4</b>
<b>1987</b>	16,6	26,1	13,5	24,0	15,1	25,3	18,2	27,5	19,9	29,9	20,2	29,6	17,4	<b>27,0</b>
<b>1988</b>	10,7	22,1	16,3	28,6	18,4	30,0	17,1	28,1	19,1	30,2	21,6	31,7	17,9	<b>27,9</b>
<b>1989</b>	12,2	23,1	14,1	24,0	14,8	23,6	16,5	27,3	19,1	28,6	21,4	30,0	17,0	<b>26,5</b>
<b>1990</b>	10,9	19,1	14,5	24,2	14,1	24,1	19,9	29,1	21,3	30,5	21,4	30,9	17,8	<b>26,9</b>
<b>1991</b>	13,0	24,0	15,7	26,2	17,8	27,2	18,2	27,7	19,9	30,7	20,1	29,8	18,2	<b>27,9</b>
<b>1992</b>	11,4	20,9	13,9	22,8	15,6	25,0	18,7	28,0	18,8	29,3	21,0	31,2	17,9	<b>27,0</b>
<b>1993</b>	13,4	22,7	14,5	25,5	16,4	25,8	19,3	28,6	19,9	30,7	20,5	29,7	17,8	<b>27,5</b>
<b>1994</b>	14,5	24,3	15,7	27,4	17,5	29,2	19,8	29,4	19,4	29,4	21,8	31,5	18,4	<b>28,2</b>
<b>1995</b>	16,8	25,7	17,9	28,9	17,2	27,5	17,2	26,8	19,7	30,1	20,8	30,6	18,3	<b>28,0</b>
<b>1996</b>	12,4	23,7	16,3	27,9	15,6	26,8	18,5	27,3	19,9	29,7	20,9	30,0	17,9	<b>27,5</b>
<b>1997</b>	15,8	25,6	15,7	25,9	18,6	27,6	18,8	28,2	20,4	28,5	21,6	30,9	18,3	<b>27,7</b>
<b>1998</b>	15,1	25,6	16,3	23,0	16,5	24,1	18,4	27,4	19,2	30,1	20,3	30,2	18,1	<b>27,2</b>
<b>1999</b>	13,6	24,3	15,1	28,1	17,3	29,1	17,7	29,6	17,8	30,1	21,0	31,7	17,7	<b>28,6</b>
<b>2000</b>	10,3	21,1	14,6	24,5	16,3	25,6	19,8	30,4	19,4	29,7	20,2	29,9	17,8	<b>27,7</b>
<b>2001</b>	14,8	25,3	16,8	27,9	17,0	27,0	18,7	29,4	20,3	29,9	19,7	29,4	18,4	<b>28,0</b>
<b>2002</b>	13,8	23,2	17,2	27,7	15,1	26,8	20,5	30,4	19,4	29,2	21,5	31,5	18,9	<b>29,1</b>
<b>2003</b>	15,5	25,2	12,2	24,7	16,4	27,8	18,3	29,4	19,1	30,4	20,0	30,7	18,0	<b>28,6</b>
<b>2004</b>	13,7	22,3	14,8	27,0	18,9	30,4	17,3	28,1	18,6	29,0	20,3	31,0	17,8	<b>28,1</b>
<b>2005</b>	12,5	23,0	16,0	28,1	13,5	23,7	0,0	28,1	19,5	30,1	20,9	31,1	16,8	<b>28,6</b>
<b>2006</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	<b>10,2</b>
<b>Média</b>	<b>13,8</b>	<b>23,8</b>	<b>15,3</b>	<b>25,9</b>	<b>16,2</b>	<b>26,3</b>	<b>17,8</b>	<b>28,5</b>	<b>19,5</b>	<b>29,5</b>	<b>20,7</b>	<b>30,3</b>	<b>17,9</b>	<b>27,7</b>

Fonte: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB. Departamento de Economia Rural - DERAL. Núcleo Regional de Umuarama

## III – Precipitações da região de Umuarama janeiro de 1997 a abril de 2006

<b>ANO</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>
1977	249,8	141,5	128,4	51,6	36,5	159,8
1978	92,3	101,5	131,9	78,0	50,9	42,2
1979	194,0	191,3	70,9	118,9	244,5	2,1
1980	60,6	231,1	88,9	63,1	243,3	60,0
1981	139,4	117,6	199,7	200,3	23,4	161,2
1982	73,6	115,7	104,3	11,1	117,3	397,5
1983	159,4	125,5	191,4	260,1	363,2	222,9
1984	216,0	60,7	106,1	74,0	104,3	24,6
1985	107,3	187,5	154,9	243,3	200,5	55,0
1986	254,3	150,3	103,5	38,8	272,3	17,3
1987	111,4	184,7	47,8	152,7	267,8	58,3
1988	144,2	162,2	49,1	327,9	154,3	92,1
1989	228,6	133,3	106,8	122,1	93,8	120,9
1990	277,3	59,8	139,8	164,1	105,2	104,5
1991	161,2	54,8	135,0	52,7	58,0	121,2
1992	31,0	105,1	199,5	293,8	432,3	65,6
1993	196,8	74,9	185,9	35,5	189,2	131,3
1994	159,3	88,1	89,7	82,3	174,9	180,3
1995	312,5	227,9	104,7	118,6	35,9	79,2
1996	253,9	119,8	346,3	72,3	63,1	38,1
1997	217,3	295,8	24,7	26,5	83,1	288,8
1998	118,9	269,4	177,0	493,4	82,0	153,8
1999	152,0	154,7	94,6	100,8	241,2	174,5
2000	107,5	228,2	79,9	57,2	64,4	182,1
2001	174,2	239,5	148,2	68,3	107,4	92,9
2002	317,0	104,0	13,6	29,0	493,5	1,8
2003	250,4	211,4	89,4	153,7	45,0	85,3
2004	96,0	82,1	75,7	176,8	279,4	143,7
2005	204,5	17,2	51,8	79,2	78,0	89,8
2006	198,9	265,8	178,7	82,7	-	-
<b>Total</b>	<b>5.259,6</b>	<b>4.501,4</b>	<b>3.618,2</b>	<b>3.828,8</b>	<b>4.704,7</b>	<b>3.346,8</b>
<b>Média Mensal</b>	<b>175,3</b>	<b>150,0</b>	<b>120,6</b>	<b>127,6</b>	<b>162,2</b>	<b>115,4</b>

Fonte: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB. Departamento de Economia Rural - DERAL. Núcleo Regional de Umuarama

## IV – Precipitações da região de Umuarama janeiro de 1997 a abril de 2006

<b>Ano</b>	<b>Julh.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>	<b>Total Ano</b>	<b>Média Ano</b>
<b>1977</b>	41,6	77,4	95,9	84,5	141,8	27,2	3.213,0	<b>267,8</b>
<b>1978</b>	184,1	62,7	158,8	96,0	198,8	170,4	3.345,6	<b>278,8</b>
<b>1979</b>	60,4	70,7	218,0	204,2	286,5	259,7	3.900,2	<b>325,0</b>
<b>1980</b>	75,4	74,5	130,4	199,8	91,7	243,2	3.542,0	<b>295,2</b>
<b>1981</b>	35,9	42,5	101,7	202,4	112,6	379,8	3.697,5	<b>308,1</b>
<b>1982</b>	83,4	56,6	93,7	182,4	294,4	212,2	3.724,2	<b>310,4</b>
<b>1983</b>	69,2	0,3	277,4	317,7	210,7	88,7	4.269,5	<b>355,8</b>
<b>1984</b>	10,0	66,9	209,0	81,6	196,5	297,6	3.431,3	<b>285,9</b>
<b>1985</b>	89,7	29,2	96,4	75,0	60,1	76,1	3.360,0	<b>280,0</b>
<b>1986</b>	46,6	212,8	60,1	63,2	95,3	185,5	3.486,0	<b>290,5</b>
<b>1987</b>	75,7	34,9	100,1	155,4	240,2	149,7	3.565,7	<b>297,1</b>
<b>1988</b>	-	3,5	12,2	195,9	39,4	145,4	3.314,2	<b>276,2</b>
<b>1989</b>	61,0	189,3	256,7	121,9	117,5	158,1	3.699,0	<b>308,3</b>
<b>1990</b>	92,0	68,5	159,2	143,9	159,8	99,4	3.563,5	<b>297,0</b>
<b>1991</b>	4,1	36,6	125,6	45,9	150,2	299,6	3.235,9	<b>269,7</b>
<b>1992</b>	112,0	119,6	237,2	170,1	137,0	74,5	3.969,7	<b>330,8</b>
<b>1993</b>	115,2	2,2	177,0	132,8	153,4	247,3	3.634,5	<b>302,9</b>
<b>1994</b>	110,5	15,1	37,3	181,5	147,4	148,1	3.408,5	<b>284,0</b>
<b>1995</b>	56,5	13,5	92,4	281,7	109,3	117,8	3.545,0	<b>295,4</b>
<b>1996</b>	10,1	35,5	125,4	347,7	108,1	217,6	3.733,9	<b>311,2</b>
<b>1997</b>	33,0	77,4	136,3	210,7	270,0	145,1	3.805,7	<b>317,1</b>
<b>1998</b>	15,9	156,3	389,4	219,4	81,3	113,4	4.268,2	<b>355,7</b>
<b>1999</b>	48,4	-	55,6	71,0	40,2	125,6	3.257,6	<b>271,5</b>
<b>2000</b>	67,3	185,2	297,8	246,8	147,9	192,8	3.857,1	<b>321,4</b>
<b>2001</b>	45,9	52,8	83,1	153,7	140,7	171,8	3.479,5	<b>290,0</b>
<b>2002</b>	50,1	77,6	176,9	121,2	324,5	96,2	3.807,4	<b>317,3</b>
<b>2003</b>	81,8	38,4	98,6	122,2	193,8	238,4	3.611,4	<b>301,0</b>
<b>2004</b>	146,4	20,7	81,1	274,4	300,1	99,0	3.779,4	<b>315,0</b>
<b>2005</b>	39,7	31,1	174,8	427,8	97,9	80,0	3.376,8	<b>281,4</b>
<b>2006</b>	-	-	-	-	-	-	2.732,1	<b>683,0</b>
<b>Total</b>	1861,9	1851,8	4258,1	5130,8	4647,1	4860,2	47869,4	3989,1
<b>Média Mensal</b>	<b>64,2</b>	<b>63,9</b>	<b>146,8</b>	<b>176,9</b>	<b>160,2</b>	<b>167,6</b>	<b>1650,7</b>	<b>137,6</b>

Fonte: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB. Departamento de Economia Rural - DERAL. Núcleo Regional de Umuarama

## V – Área plantada soja na região de Umuarama, safras 97/98 à 2005/2006

Municípios	Safrá/Área Total (ha)								
	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Altônia	900	1000	900	960	1500	2800	4500	4120	3500
Alto Paraíso	0	0	0	0	0	0	0	5000	2300
Alto Piquiri	4500	6100	7250	7800	10000	12500	1600	16500	16500
Brasilândia do Sul	5800	5000	6500	8000	12000	17000	2000	20000	20000
Cafezal do Sul	250	250	500	250	250	1200	3300	3700	3500
Cianorte	3000	3300	4000	4400	7400	10500	1500	15000	18000
Cidade Gaúcha	0	0	220	0	96	640	750	800	420
Cruzeiro do Oeste	1000	900	360	425	870	3200	4200	5200	3300
Douradina	330	280	250	100	1100	1590	3170	3100	2000
Esperança Nova	0	0	0	0	0	110	570	800	600
Francisco Alves	3000	3500	4000	3800	5000	9000	15000	16000	15000
Guaporema	0	0	152	198	390	600	900	800	600
Icaraíma	1812	1211	422	480	600	1000	3200	1940	1040
Indianópolis	35	25	25	25	145	510	700	800	800
Iporã	1950	2700	3700	4000	6000	9000	12600	14100	13300
Ivaté	722	676	454	0	24	0	150	300	200
Japurá	5200	5500	6350	6000	6915	8000	8500	8600	7800
Jussara	10000	10000	10300	10300	10800	11500	11800	11900	11500
Maria Helena	50	140	73	73	1064	2100	4000	4000	2500
Mariluz	3200	3700	4000	4000	7000	12700	15000	16000	12000
Nova Olímpia	70	70	0	0	120	280	350	350	250
Perobal	729	1120	1300	1000	1608	3680	7240	9050	8000
Pérola	0	0	0		48	370	700	750	600
Rondon	40	90	350	620	600	750	900	800	800
São Jorge do Patrocínio	278	0	0	0	70	350	900	760	600
São Manoel do Paraná	450	1250	2140	2290	3600	3800	3900	4000	3800
São Tomé	1400	1400	1400	1300	1800	2700	2900	2900	2500
Tapejara	180	0	240	600	1000	1550	2000	1600	1500
Tapira	0	240	150	120	170	480	1750	1750	1200
Tuneiras do Oeste	1500	2180	3500	3800	7500	12500	1500	15000	14500
Umuarama	885	1334	1850	2500	3640	6500	1000	15000	12000
Vila Alta	750	846	566	121	270	2200	4420	0	0
Xambrê	381	340	68	48	180	810	2700	1980	1200
<b>Total</b>	<b>48192</b>	<b>58132</b>	<b>61.010</b>	<b>68150</b>	<b>91780</b>	<b>139880</b>	<b>192100</b>	<b>202580</b>	<b>181810</b>

Fonte: DERAL – SEAB - Umuarama

VI – Produtividades médias obtidas com a cultura da soja na região de Umuarama, safras 97/98 a 2005/2006

Municípios	Safr/Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )									Média
	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	
Altônia	2230	2500	1730	3200	2600	2500	1050	1800	1250	<b>2096</b>
Alto Paraíso	0	0	0	0	0	0	0	1800	1350	<b>1575</b>
Alto Piquiri	2600	3000	2500	3500	3100	3350	2300	2300	2700	<b>2817</b>
Brasilândia do Sul	2460	2700	2500	3470	3200	3200	2500	2700	2700	<b>2826</b>
Cafezal do Sul	1350	2300	2300	2300	2300	2700	1400	2200	1800	<b>2072</b>
Cianorte	2480	2700	2500	3000	2600	2700	2550	2000	1800	<b>2481</b>
Cidade Gaúcha	0	0	1500	0	2200	2500	1750	2500	1800	<b>2042</b>
Cruzeiro do Oeste	1750	2300	2200	2850	2400	2600	2000	2000	2300	<b>2267</b>
Douradina	1980	2000	2000	2000	3000	2700	1300	2000	1500	<b>2053</b>
Esperança Nova	0	0	0	0	0	3100	1500	2400	1500	<b>2125</b>
Francisco Alves	2000	2850	2200	3500	3350	3000	2000	3000	1800	<b>2600</b>
Guaporema	0	0	1750	2500	2500	2300	1800	2500	1350	<b>2164</b>
Icaraíma	1281	2035	1380	2000	3500	2700	1500	1600	2500	<b>1927</b>
Indianópolis	2200	2500	2500	2800	2650	2200	2100	2100	1860	<b>2394</b>
Iporã	2000	2300	2000	3300	2900	2900	1600	2300	1500	<b>2329</b>
Ivaté	1350	2342	2110	3100	2400	0	1700	1500	2400	<b>1843</b>
Japurá	2600	2400	2500	0	3200	2800	2200	2400	1500	<b>2644</b>
Jussara	2700	2900	2250	3100	2600	2600	2500	2300	1850	<b>2494</b>
Maria Helena	2200	2200	2355	2500	3000	2500	2100	2000	300	<b>2614</b>
Mariluz	2350	2500	2500	3200	3200	2500	2200	2080	1500	<b>2301</b>
Nova Olímpia	1480	1500	0	0	2480	2500	1700	2600	2700	<b>2614</b>
Perobal	1785	1900	1720	2300	2000	2700	2100	2500	2000	<b>1966</b>
Pérola	0	0	0	0	2000	3000	1000	2307	2100	<b>2189</b>
Rondon	2700	2700	1800	2200	2200	2200	1700	2000	1250	<b>2061</b>
São Jorge do Patrocínio	1240	0	0	0	2000	2700	1050	1600	2600	<b>2178</b>
São Manoel do Paraná	2500	2400	2500	2800	2650	2700	2100	2000	2100	<b>1640</b>
São Tomé	2500	2400	2000	3200	3000	2900	2200	2200	1900	<b>2472</b>
Tapejara	2000	0	2000	2800	2000	2400	1750	1500	1750	<b>2500</b>
Tapira	0	2200	2480	4040	3000	2430	1850	2000	1700	<b>2044</b>
Tuneiras do Oeste	2000	2600	2300	3200	2500	2600	2200	1800	1860	<b>2494</b>
Umuarama	1500	2048	1700	2300	2500	2300	1300	0	0	<b>2344</b>
Vila Alta	1605	2505	1561	2500	2500	2700	1120	1800	1500	<b>1923</b>
Xambrê	1540	1840	372	2500	2500	2400	1240	1800	1500	<b>2070</b>
<b>Total</b>	<b>2.335</b>	<b>2.615</b>	<b>2.295</b>	<b>3.164</b>	<b>2.874</b>	<b>2.785</b>	<b>2.038</b>	<b>2237</b>	<b>2.090</b>	<b>2.493</b>

Fonte: DERAL – SEAB - Umuarama

## VII – Controle de pluviometria da safra 05/06, no local do experimento

<b>Dia</b>	<b>Jul.05</b>	<b>Ago.05</b>	<b>Set.05</b>	<b>Out.05</b>	<b>Nov.05</b>	<b>Dez.05</b>	<b>Jan.06</b>	<b>Fev.06</b>	<b>Mar.06</b>	<b>Abr.06</b>
1	-	-	30	-	-	-	15	-	-	-
2	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
4	-	-	-	25	-	-	10	-	-	-
5	-	-	-	75	10	65	-	-	-	10
6	-	-	-	-	-	-	10	-	-	20
7	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-
8	-	-	-	40	-	-	-	80	-	-
9	-	-	-	-	32	-	-	30	-	40
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	10	-	-	5	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	32	-	-	-	-	5	-	-
14	-	-	-	50	-	-	-	-	-	50
15	30	-	-	40	-	-	-	-	-	15
16	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-
17	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
18	-	12	5	-	30	-	45	5	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-
21	15	-	20	30	-	10	10	5	-	-
22	-	-	10	-	-	-	-	-	30	-
23	-	-	20	-	-	-	15	30	30	-
24	-	20	50	-	20	-	25	-	35	-
25	2	-	20	40	10	15	25	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	5	-	-	40	15	10	-
28	-	-	-	-	-	-	66	-	20	-
29	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-
30	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-
31	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>47</b>	<b>82</b>	<b>232</b>	<b>335</b>	<b>127</b>	<b>110</b>	<b>266</b>	<b>200</b>	<b>180</b>	<b>135</b>