

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SUCESSÃO
SOJA-MILHO NO SUDOESTE GOIANO EM ÁREAS DE
FERTILIDADE CONSTRUÍDA**

Warlles Domingos Xavier

Engenheiro Agrônomo

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Novembro de 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SUCESSÃO
SOJA-MILHO NO SUDOESTE GOIANO EM ÁREAS DE
FERTILIDADE CONSTRUÍDA**

Warlles Domingos Xavier

Orientador: Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro

Coorientador: Prof. Dr. Álvaro Vilela de Resende

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – UFG, Campus Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Xavier, Warlles

Manejo da adubação potássica na sucessão soja-milho no sudoeste goiano em áreas de fertilidade construída [manuscrito] / Warlles Xavier. - 2015.

XLIV, 49 f.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Carneiro; co-orientador Álvaro Resende.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Jataí, 2015.

Apêndice.

Inclui siglas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Adubação de sistemas. 2. Produtividade de grãos. 3. Ciclagem de nutrientes. 4. Efeito residual. 5. Plantio direto. I. Carneiro, Leandro, orient. II. Resende, Álvaro, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL
Br 384, Km 192, Setor Industrial, Jataí - GO
Fone: (64) 3508-5331. E-mail: proajatai@gmail.com



ATA DO EXAME GERAL DE DEFESA DE WARLLES DOMINGOS XAVIER - Aos dezesseis dias do mês de setembro do ano de dois mil e quinze (16/09/2015), às 14h00min. reuniu-se no anfiteatro do PPGA, a Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores: Leandro Flávio Carneiro, Álvaro Vilela de Resende, Hildeu Ferreira da Assunção e Jeander Oliveira Caetano, para sob a presidência do primeiro, procederem na forma da resolução vigente ao "Exame Geral de Defesa" de **Warlles Domingos Xavier** discente do PPGA, curso de Mestrado, área de concentração em Produção vegetal. A prova oral versou sobre o tema de sua dissertação com o título: **MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SUCESSÃO SOJA-MILHO NO SUDOESTE GOIANO EM ÁREAS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDA**. A Comissão Examinadora reuniu-se e emitiu seu parecer sobre a prova realizada pelo discente, considerando-o **APROVADO** no "Exame Geral de Defesa". Às 17h30min. o Dr Leandro Flávio Carneiro, Presidente da Banca Examinadora, deu por encerrada a sessão, e para constar lavrou-se a presente Ata.

Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro
Presidente - CAJ/UFG

Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção
Membro - CAJ/UFG

Prof. Dr. Jeander Oliveira Caetano
Convidado

Prof. Dr. Álvaro Vilela de Resende
Membro - EMBRAPA

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Warlles Domingos Xavier – Nascido em Alto Araguaia - MT em 26/01/1988, graduado em Agronomia em 2012 pela Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Cáceres. Durante sua graduação em agronomia, foi bolsista de iniciação científica (PIBIC) sob orientação do professor Dr. Cassiano Cremon, por 2 anos consecutivos, onde desenvolveu trabalhos relacionados a Física do Solo, envolvendo avaliações de resistência mecânica a penetração no solo e curva de retenção de água em ambientes compactados. Possui um artigo completo publicado em periódico e 6 resumos expandidos publicados em Anais de eventos, como autor e 3 como co-autor. Durante sua graduação e pós-graduação em agronomia, participou de vários congressos, reuniões e simpósios. Participou também de 1 banca de conclusão de curso (Agronomia) na Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí. Tem experiência com projetos que avaliam os atributos físicos do solo, principalmente sob cultivo de cana-de-açúcar e mata nativa, e ainda, projetos voltados ao manejo da adubação potássica nas culturas de soja e milho.

“As pessoas são reconhecidas em público pelo que fizeram por anos sozinhas.”

Tony Robbins.

A Deus, fonte de toda sabedoria.

DEDICO.

“Hei MÃE!
Por mais que a gente cresça,
Há sempre alguma coisa que não se consegue entender.”

À minha Mãe Luzia Domingos Cardoso.
Ao meu Pai João Batista Xavier.
Aos meus irmãos Kássio e Danilo Xavier.
À minha família.
Aos meus amigos.

OFEREÇO.

Meu Orientador Leandro Flávio Carneiro e Meu coorientador Álvaro Vilela de Resende.

HOMENAGEIO.

AGRADECIMENTO

A Deus, por ser fiel em todos os momentos da minha caminhada.

A toda a minha família pelo apoio e principalmente pelo amor incondicional.

A todos meus amigos pela confiança e amor em mim depositado.

À Universidade Federal de Goiás, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela obtenção do título de Mestre.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo, durante todo o curso.

A Fazenda Irmãos Gazarini, em especial ao amigo Newton Cabral, por ceder à área experimental e apoiar em todos os momentos.

Ao Prof. Leandro Carneiro pela sua valiosa orientação, pela amizade e confiança dispensada a minha pessoa. Tê-lo como orientador, foi mais que um privilégio para mim.

Aos conselheiros Prof. Hildeu Ferreira da Assunção, Prof. Jeander Caetano, Prof^a. Daniella Nogueira e Prof. Álvaro Vilela de Resende pelas valiosas observações. Em especial ao Marcos Humberto Assis “Marquinhos” pelo apoio nas análises.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG/Jataí, pelos conhecimentos adquiridos, especialmente àqueles que sempre me atenderam com atenção em seus gabinetes e corredores.

Aos colegas de curso, pela amizade e companheirismo. Em especial ao meu grande amigo João Vitor de Souza Silva, pela amizade e apoio.

E, finalmente, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. <i>Potássio no sistema solo-planta</i>	3
2.2. <i>Construção da fertilidade do solo</i>	5
2.3. <i>Ciclagem de nutrientes no sistema plantio direto</i>	5
2.4. <i>Manejo de adubação em sistemas de sucessão soja-milho</i>	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO.....	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
7. APÊNDICE.....	36

MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA SUCESSÃO SOJA-MILHO DO SUDOESTE GOIANO EM ÁREAS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDA

RESUMO – Solos de fertilidade construída indicam oportunidades para uso mais racional de fertilizantes. O objetivo desse estudo é avaliar o manejo da adubação potássica em solos de fertilidade construída, na sucessão soja-milho, sob doses e épocas de aplicação. O experimento foi instalado em esquema fatorial 5x3, disposto em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de K₂O) e épocas de aplicação com 100% da dose em pré-plantio, 100% da dose em cobertura e parcelada com 50% da dose em pré-plantio + 50% em cobertura. A soja é pouco responsiva a adubação potássica em solos de fertilidade construída no Cerrado. A aplicação parcelada de potássio promove menores taxas de acúmulo de K₂O nos grãos da soja. O milho segunda safra respondeu positivamente a adubação potássica aplicada na soja, independentemente da época de aplicação. A ausência da adubação potássica em áreas de fertilidade construída na sucessão soja-milho contribui para redução dos teores de potássio no solo, ficando abaixo do nível crítico para ambas às culturas.

Palavras-chave: Adubação de sistemas, Produtividade de grãos, Ciclagem de nutrientes, Efeito residual, Plantio direto.

POTASSIUM FERTILIZATION MANAGEMENT FOR SOYBEAN-MAIZE ROTATION ON AREAS WITH BUILT-UP SOIL FERTILITY IN SOUTHWESTERN GOIAS, BRAZIL

ABSTRACT – Soils with built-up fertility denote opportunities for a more rational use of fertilizers. The objective of this study is to evaluate the potassium fertilization management for soybean-maize rotation on soils with built-up fertility, under different doses and application times. The experiment was conducted in a 5x3 factorial scheme, arranged in a randomized block design with four replications. The treatments consisted in the combination of K₂O doses (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹) and application times, with 100% of the dose at pre-planting, 100% of the dose at top-dressing, and with 50% of the dose at pre-planting and 50% at top-dressing. The soybean is little response to potassium fertilization on soils with built-up fertility in the Cerrado biome. The parceled application of potassium promotes lower K₂O accumulation rates in soybean grain. The maize at second crop responded positively to the potassium fertilization applied on the soybean, regardless of the application time. The absence of potassium fertilization for soybean-maize rotation on areas with built-up fertility contributes to reducing the potassium content in the soil, which remains below the critical level for both crops.

Keywords: Fertilization of systems, Grain yield, Nutrient cycling, Residual effect, no-tillage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e física do solo realizadas em 06/09/2013, antes da implantação do experimento	10
Tabela 2. Acúmulo de K_2O nos grãos ($kg\ ha^{-1}$), teor de K foliar ($g\ kg^{-1}$) e massa de mil grãos (g) na soja em função das épocas de aplicação e doses de K_2O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí, GO	22
Tabela 3. Características agronômicas de milho segunda safra em sucessão a soja em função das épocas de aplicação e doses de K_2O em Jataí, GO.....	28
Apêndice A. Resumo da análise de variância dos parâmetros da cultura da soja em função das épocas de aplicação (Ep) e doses de K_2O (DK) em Latossolo com fertilidade construída, safra 2013/14	36
Apêndice B. Resumo da análise de variância dos parâmetros da cultura do milho segunda safra em função das épocas de aplicação (Ep) e doses de K_2O (DK) em Latossolo com fertilidade construída, safra 2013/14	36
Apêndice C. Teor médio de K ($mg\ dm^{-3}$) do solo da área experimental, de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, após as colheitas das culturas, safra 2013/14.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura mensal observada na área experimental (a) e detalhe das condições ambientais durante a fase de enchimento de grãos da cultura da soja e do milho segunda safra (b) em Jataí, GO, 2015..... 11

Figura 2. Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) (A), Massa seca da parte aérea (g planta^{-1}) (B), Massa seca de vagens (g planta^{-1}) (C) e Número de vagens (planta^{-1}) (D) em função das épocas de aplicação e doses de K_2O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí,GO..... 15

Figura 3. Matéria seca (A) (kg ha^{-1}); taxa de decomposição da palhada (B) (%); acúmulo de K_2O (C) (kg ha^{-1}) e liberação de K_2O do milho remanescente (D) (%)..19

Figura 4. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (A), Acúmulo de K_2O nos grãos (kg ha^{-1}) (B) e Massa de 100 grãos de milho (g) (C) em função das épocas de aplicação e doses de K_2O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí,GO.....25

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de soja, superado apenas pelos Estados Unidos. Na safra 2013/14, a cultura ocupou uma área de 30,1 milhões de hectares, o que totalizou produção de 86,12 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

O cultivo de variedades de soja mais precoces abriu a oportunidade para o cultivo de uma segunda safra. De acordo com o levantamento da Conab (2014), a segunda safra de milho (*Zea mays*) 2013/14, confirmou sua importância para o Brasil, com um aumento de 17,6% (1,34 milhão de hectares), passando de 7,62, para 8,96 milhões de hectares e produção de 46,1 milhões de toneladas de grãos.

O aumento da produção de soja e milho no estado de Goiás destaca-se em grande parte pelo uso mais intensivo da terra, dos fertilizantes, máquinas agrícolas e de variedades mais adaptadas aos diferentes microclimas. Aplicações sucessivas de potássio acima das quantidades exportadas pelas culturas favorecem, ao longo dos anos, teores acima dos níveis críticos, ou seja, ocorre uma construção/melhoria dos teores de potássio no solo, o que possibilita maior oportunidade de racionalizar o uso de fertilizantes potássicos nos sistemas de produção agrícola (RESENDE et al., 2012).

No Sudoeste Goiano, uma sucessão ou rotação comum, em áreas de fertilidade construída, é a de soja-milho com produtividades médias de 4 e 8 Mg.ha⁻¹, respectivamente na safra e a segunda safra, cultivadas sob sistema de plantio direto (SPD). Apesar da reduzida diversidade, a alternância destas espécies, proporciona benefícios para o sistema, como ciclagem de nutrientes e produção de palhada, especialmente do milho que é mais resistente à decomposição.

O manejo da adubação de sistemas em áreas de fertilidade construída deve considerar os créditos de nutrientes remanescentes de safras anteriores no solo e nas palhadas, as quais certamente irão influenciar o saldo dos nutrientes no sistema. Neste contexto, Fancelli & Tsumanuma, 2007 mostram altas quantidades de potássio (K⁺) extraídas pelo milho, média de 20,4 kg para cada tonelada de grãos

produzida, contribuindo para significativa redução de K no solo após seu cultivo, entretanto, o K⁺ exportado nos grãos corresponde a 19% do total acumulado na parte aérea.

Diante desta situação, Resende et.al., 2012, relatam que é mais seguro trabalhar a reposição de K considerando o estoque e a ciclagem no sistema, realimentando o estoque e garantindo a base de fertilidade para o estabelecimento da cultura subsequente, além de garantir uma condição de alto desempenho produtivo ao longo do tempo.

No entanto, torna-se necessária a realização de estudos sobre estratégias de manejo da adubação potássica que possam aumentar a eficiência no uso de fertilizantes. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o manejo da adubação potássica na sucessão soja-milho no Sudoeste goiano em áreas de fertilidade construída, sob sistema plantio direto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 POTÁSSIO NO SISTEMA SOLO-PLANTA

O K da solução do solo pode ser absorvido pelas plantas, adsorvido às cargas negativas do solo, fixado em formas não-trocáveis ou lixiviado para as camadas mais profundas do solo, fora do alcance das raízes. O destino do K na solução do solo depende de acesso das raízes, da demanda das plantas, das exportações através de colheita e das propriedades químicas, físicas e mineralógicas do solo (SIMONSSON et al., 2007; ROSOLEM et al., 2012).

Dessa maneira, o cultivo de plantas capazes de explorar camadas profundas do solo e a aplicação de fertilizante potássico na época mais apropriada e de maior exigência do nutriente pelas plantas são de extrema importância para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, por reduzir as perdas de K no sistema solo-planta e aumentar a eficiência de utilização desse nutriente.

O potássio presente no solo inclui K da solução, K trocável, K não-trocável e K estrutural (KAMINSKI et al., 2010). No Cerrado os colóides do solo são formados principalmente por matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e alumínio, e nessas condições pedogenéticas, o K trocável é a reserva mais importante do nutriente disponível para as plantas (SPARKS, 2000).

A capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos, que varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e quantidade de argila e do pH do solo, é o principal componente do solo que determina a relação entre o K trocável e o K da solução, e para uma mesma quantidade de K total do solo, haverá menos K na solução em solos com maior CTC, o que refletirá em menores perdas por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maior capacidade de armazenamento de K no solo (MIELNICZUK, 2005).

Uma das condições indispensáveis à lixiviação de cátions no solo é a presença de ânions solúveis, tais como Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , e HCO_3^- (ROSOLEM

et al., 2006a). Mesmo os cátions monovalentes, Na^+ e K^+ , são lixiviados principalmente na companhia de ânions solúveis. A energia de retenção de cátions trocáveis, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , nos colóides do solo segue a série liotrópica, em que o primeiro e principal fator é a energia de atração da carga, e o segundo o tamanho dos íons hidratados (RAIJ, 1991). Deste modo, em solos bem drenados, as quantidades de K lixiviadas são relativamente maiores do que as dos cátions bivalentes, ou seja, em solos minerais ácidos, a lixiviação de cátions segue a ordem: $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ (RAIJ, 1991). Na definição da melhor estratégia para o manejo da adubação potássica, os seguintes pontos devem ser observados: (i) movimentação do K nos diferentes tipos de solos e potencial de lixiviação – definir modo e época de aplicação; (ii) absorção e acúmulo de K nas diferentes fases de desenvolvimento das culturas – definir em que época aplicar; (iii) efeito salino dos fertilizantes potássicos, principalmente, quando a fonte é o KCl – definir método e época de aplicação em função da dose (COELHO, 2005). Assim, a adubação potássica pode variar em relação à dose a ser aplicada, ao tipo de fertilizante, à época e modo de aplicação dos fertilizantes.

Para culturas anuais, normalmente todo o K necessário para o crescimento e desenvolvimento das plantas tem sido adicionado por ocasião da semeadura. Em algumas situações, no entanto, a adubação potássica deve ser parcelada em duas vezes, e isso ocorre em solos arenosos, de baixa CTC, ou quando a dose a ser aplicada na semeadura é muito alta, independentemente da CTC (COELHO, 2005). Solos com baixa CTC têm baixa capacidade de adsorver K. Sendo assim, recomenda-se aplicar parte do K na semeadura e o restante em cobertura para reduzir as perdas por lixiviação.

Na planta, entre as várias funções do K, a principal está envolvido na abertura e fechamento dos estômatos (entrada e saída de água da planta), transporte de carboidratos e outros compostos, sínteses, produção de clorofila, regulação do balanço hídrico (MYERS et al., 2005), além de ativar diversas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2012). No entanto, o potássio não desempenha função estrutural, o que faz com que o mesmo seja facilmente liberado dos órgãos da planta (FAQUIN, 2005). A deficiência de potássio pode prejudicar severamente a síntese proteica, resultando em acúmulo de aminoácidos livres no

tecido da planta de soja afetando o crescimento da planta, rendimento, e o aumento da susceptibilidade a doenças e pragas (MYERS et al., 2005).

2.2 CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A construção da fertilidade do solo é um pré-requisito para o sistema de plantio direto (LOPES et al., 2004), cuja implementação constitui uma meta para qualquer agricultor que busque elevada produtividade de grãos. Além deste, deve-se considerar que adubações sucessivas deixam um efeito residual que contribui para aumentar a reserva total de nutrientes do solo, em especial o K, uma vez que o mesmo não apresenta problemas de fixação em solos do cerrado em função do predomínio de argilominerais do tipo 1:1 e óxidos de Fe e Al, em detrimento aos do tipo 2:1.

Segundo Sousa & Lobato (2004a), para as regiões do Cerrado os valores de referência de K na análise de solo, a serem alcançados e mantidos quando se busca um ambiente de alto potencial produtivo de grãos, corresponde a 80 mg dm^{-3} , solos acima desse nível crítico indicam oportunidades para um melhor planejamento da adubação. Neste ambiente, a adubação de manutenção deve considerar o estoque e a ciclagem de nutrientes no sistema de produção.

Segundo Resende et. al, (2012), solos de fertilidade construída dão indicativos de que o nível crítico de K no solo para o sistema soja-milho não são significativamente alterados em função de maiores rendimentos de grãos, indicando que a exportação passa ser o fator determinante do balanço de K no sistema. Entretanto, deve-se considerar que são informações incipientes e que vários fatores da relação solo-planta-atmosfera alteram os teores de K no solo e que há necessidade de informações regionalizadas ou locais que levam em consideração condições de cultivo e cultivares específicas para um melhor manejo da adubação potássica nestes sistemas.

2.3 CICLAGEM DE NUTRIENTES NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Parte do sucesso do sistema de plantio direto reside no fato de que a palhada, deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal. Além disso, o sistema plantio direto contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo (ALVARENGA et al., 2001).

O balanço líquido entre a mineralização e a imobilização de nutrientes, durante a oxidação dos materiais orgânicos no solo, é controlado pela qualidade do resíduo adicionado, principalmente a proporção entre o carbono e outros nutrientes como N, P e S. Stenvenson (1986) mostra que resíduos com C/N, C/P e C/S maior que 30, 300 e 400, respectivamente, são resíduos pobres, nos quais a imobilização prevalece sobre a mineralização. Por outro lado, resíduos com C/N, C/P e C/S menor que 20, 200 e 200, respectivamente, são resíduos ricos, nos quais a decomposição aumenta a disponibilidade de nutrientes, porque a mineralização supera a imobilização. Nos valores intermediários entre esses limites há um equilíbrio entre a mineralização e a imobilização.

O manejo do solo em plantio direto ocasiona a decomposição mais lenta de resíduos de milho e soja do que na semeadura convencional (GONÇALVES et al., 2010). A decomposição dos resíduos culturais do milho é mais lenta quando comparados aos da soja. Aos 135 dias após o corte, há redução de 42% da matéria seca da palhada do milho e liberação de: 41% do N, 35% do P e 60% do K (CALONEGO et al., 2012). Para os resíduos de soja, aos 120 dias após o corte, houve redução de 76% da biomassa, com a liberação de 86% do N, 93% do P e 98% do K do total acumulado no tecido (PADOVAN et al., 2006). A liberação mais rápida de nutrientes pela palhada da soja comparativamente ao milho ocorre por causa da menor relação C:N da soja (<25) em relação ao milho (>43), maior proporção de material lignificado (colmos e sabugos) e à maior quantidade de material devolvido ao solo após as colheitas (CALONEGO et al., 2012).

A utilização de espécies da família Poaceae, como o milho, na rotação ou sucessão de culturas pode ser importante para o suprimento de K às espécies subsequentes, principalmente, àquelas mais exigentes, como a soja (CALONEGO et al., 2012).

Neste contexto, o milho se caracteriza como uma cultura que extrai grandes quantidades de K^+ do solo, porém exporta pouco para os grãos. De acordo com Fancelli e Tsumanuma (2007), o potássio exportado nos grãos corresponde a apenas 19% do total acumulado na parte aérea do milho, enquanto para nitrogênio e fósforo essa proporção alcança cerca de 82% e 79%, respectivamente.

A palhada de milho deixada sobre a superfície do solo acumula quantidades apreciáveis de nutrientes, principalmente de K, que retorna ao solo durante o processo de lavagem dos tecidos vegetais pela água das chuvas a partir do estágio de senescência.

Assim, no manejo adequado da adubação potássica da soja, uma estratégia importante é considerar o balanço de potássio nas culturas que compõem o sistema de produção. 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.

2.4 MANEJO DE ADUBAÇÃO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO SOJA-MILHO

Conceito incorporado ao manejo da adubação das culturas é o de adubação dos sistemas de produção, no qual a recomendação de fertilizantes deixa de ser realizada isoladamente para uma cultura, passando-se a considerar o sistema no qual a cultura está inserida (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010). A adubação de sistemas de produção consiste em adubar mais intensamente as culturas mais responsivas e utilizar a adubação residual para as culturas que menos respondem aos investimentos em adubação.

Neste contexto, a soja por ser mais responsiva a adubação potássica, pode receber doses maiores de nutrientes, acima da sua exigência nutricional, e culturas menos responsivas, como o milho segunda safra, podem ser cultivadas apenas com uma adubação residual da cultura anterior (ALTMANN, 2012).

Na região Sul do Brasil, já existem resultados iniciais de pesquisa para desenvolver um sistema de recomendação de fertilizantes adaptados aos sistemas de produção em plantio direto. Vieira et al. (2013) determinaram critérios para recomendação de calagem e dos teores críticos K no solo para um sistema de culturas na região Centro-Sul do Paraná. Os autores determinaram, para as culturas em sucessão (soja e milho) o nível crítico de K foi 59 mg dm^{-3} na camada de 0-20 cm de profundidade do solo. Essa informação confirma que a exportação passa a ser o fator determinante do balanço entre entradas e saídas desses nutrientes no sistema, mostrando não ser necessário elevar ainda mais a sua disponibilidade no solo como garantia de altas produtividades.

Na falta de informações respaldadas pelas instituições de ensino, muitas vezes, os técnicos de campo não têm suporte das recomendações oficiais de fertilizantes para as atuais produtividades de grãos de soja e milho. No estado de Minas Gerais, a recomendação oficial de fertilizantes, apresenta expectativas de produtividade de soja e milho de, no máximo, 3 e 8 Mg ha^{-1} , respectivamente (RIBEIRO et al., 1999). No entanto, em sistemas tecnificados e boas condições climáticas, as produtividades têm se aproximado de 4 Mg ha^{-1} de soja e 12 Mg ha^{-1} de milho. Nota-se, portanto, a necessidade de estudos nas condições de solo e clima regionalizadas ou mesmo locais, que abordem as peculiaridades dos sistemas de produção na busca da melhor eficiência no uso de insumos para obtenção de altas produtividades.

Em Turvelândia-GO, Bernardi et al. (2009) avaliaram a eficiência da adubação potássica, com relação às doses (0; 40; 80; $120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$), modos de aplicação (sulco, a lanço e parcelada) e épocas (pré-semeadura, semeadura e cobertura), na sucessão de culturas soja-milheto-algodoeiro cultivadas em sistema plantio direto. A aplicação de K_2O , independente da dose, modo e época de aplicação não influenciou a produtividade da soja. Os teores de K, antes da implantação do experimento, foram 86 mg dm^{-3} . Dessa forma, o K trocável existente originalmente no solo, provavelmente, foi suficiente para suprir as exigências nutricionais da cultura.

Para o milho, quando os teores de K no solo estão acima do nível crítico ($>80 \text{ mg dm}^{-3}$) para este sistema de sucessão, Rodrigues et al. (2014) relata casos, com falta de respostas em produtividade à adubação potássica. Valderrama et al. (2011)

avaliaram o efeito de doses de K, nos componentes de produção e na produtividade da cultura de milho irrigado no Cerrado do município de Selvíria-MS. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, com teor inicial de K no solo igual a 89,93 mg dm⁻³. A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelas doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O). Os autores atribuíram a falta de resposta aos teores iniciais de K no solo.

Enfim, alguns estudos demonstram que há aumento da produtividade do milho e da soja em função da aplicação de fertilizantes (LANA et al., 2007; MENDES et al., 2014), outros relatam não haver resposta do milho (DEPARIS et al., 2007; PAVINATTO et al., 2008) e da soja (BERNARDI et al., 2009). Segundo Resende et al., (2012), as pesquisas carecem da necessidade de obtenção de informações locais sobre extração e exportação de nutrientes em sistemas de produção, condições de cultivo e cultivares específicas, associada ao monitoramento mais frequente do status de fertilidade do solo e do desempenho produtivo das lavouras, certamente abre novas possibilidades de otimização do manejo da adubação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Jataí, região sudoeste do estado de Goiás, no bioma Cerrado (Latitude -17,8396759; Longitude -51.6349678 e 670 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é predominantemente tropical, com dois períodos bem definidos, de chuva, que vão de novembro a março, com maior índice pluviométrico nos meses de dezembro e janeiro, e o da seca, que se estende de abril a outubro, com temperatura média anual de 22 °C e precipitação média anual variando de 1.650 a 1.800 mm. Trata-se de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2013).

Devido às práticas de calagem e adubações sucessivas que vêm recebendo ao longo do tempo, a área selecionada para estudo apresenta-se atualmente com a fertilidade construída na zona de exploração radicular (0-20 cm de profundidade). Segundo Sousa e Lobato (2004a), os dados de análise de solo dessa área têm indicado disponibilidade de potássio interpretada como adequada, para as condições da região do Cerrado (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo realizadas em 06/09/2013, antes da implantação do experimento.

Perfil do solo	pH	P*	K*	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	MO	Areia	Silte	Argila
cm	CaCl ₂	-mg dm ⁻³				-----cmol _c dm ⁻³ -----			gkg ⁻¹		-----g dm ⁻³ -----	
0-20	5,3	12,4	71	3,4	0,5	0,1	5,8	8,8	31,7	230	150	620
20-40	4,9	2,4	45	1,2	0,2	0,2	5,6	7,1	-	255	100	645

* extraído com Mehlich 1.

Esta fazenda é considerada referência regional na produção de grãos, em virtude das altas produtividades obtidas nos últimos cinco anos no cultivo em sucessão soja-milho, com médias de 3,3 Mg ha⁻¹, para a soja e 7,9 Mg ha⁻¹, para o milho segunda safra, e por adotar as tecnologias modernas de cultivo, como o

emprego do sistema de semeadura direta, durante os últimos dez anos, agricultura de precisão e cultivares modernas de alto potencial produtivo.

A precipitação pluviométrica na área experimental, durante o período de condução do experimento está apresentada na Figura 1 (INMET, 2014).

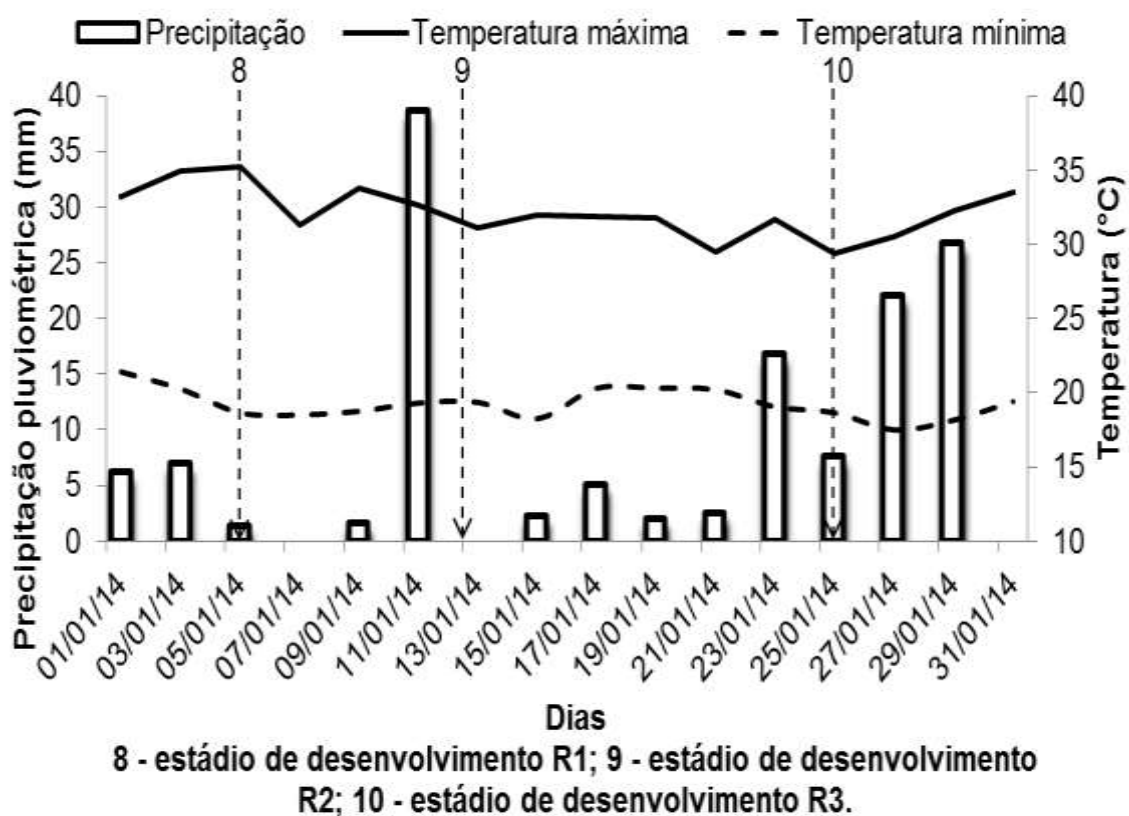
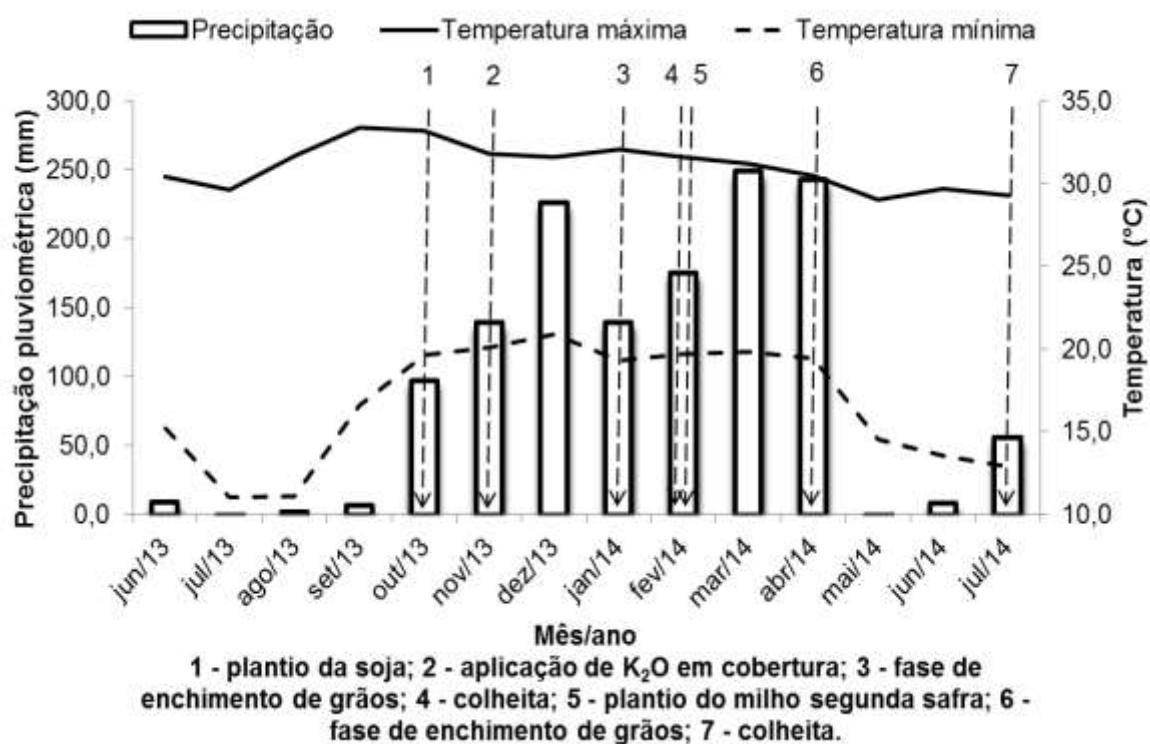


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura mensal observada na área experimental (a) e detalhe das condições ambientais durante a fase de enchimento de grãos da cultura da soja e do milho segunda safra (b) em Jataí, GO, 2015.

Para estimativa da massa seca e acúmulo de K_2O na palhada do milho segunda safra, antes da instalação do experimento, foram coletadas, na área adjacente ao experimento, quatro amostras por data amostral, sendo coletado um m^2 de palhada por ponto. As amostras foram coletadas de acordo com suas respectivas datas descritas a seguir: a primeira coleta foi realizada no dia 06/09/2013, a segunda coleta foi realizada no dia 02/10/2013, terceira coleta foi realizada no dia 18/11/2013 e a quarta coleta foi realizada no dia 14/12/2013. Posteriormente as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a $65^\circ C$ por 48 horas, até atingir massa constante e pesadas em balança digital.

Para avaliação do acúmulo de K_2O na palhada do milho as amostras foram moídas em moinho Willey com peneira de 20 mesh, digeridas em ácido perclórico e analisadas de acordo com Malavolta et al. (1997). Posteriormente, avaliou-se a massa seca ($kg\ ha^{-1}$), a taxa de decomposição (%), acúmulo de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) e a liberação de K_2O (%) da palhada do milho remanescente da safrinha anterior.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de um fatorial 5×3 , sendo as cinco doses de potássio: 0, 40, 80, 120 e 160 $kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$ aplicadas em três épocas: I. 100% um dia antes da semeadura (DAS); II. 50% um DAS e 50% aos 30 dias depois da semeadura (DDS); III. 100% aos 30 DDS, utilizando como fonte, o cloreto de potássio (KCl). Para a soja, as parcelas corresponderam a cinco linhas com 10 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si ($25\ m^2$), considerando uma área útil de $5 \times 1,5\ m$ ($7,5\ m^2$). Para a aplicação dos tratamentos foram realizadas distribuições manuais a lanço sem incorporação, na cultura da soja.

Para o milho segunda safra, a instalação dos tratamentos procedeu-se em avaliar o efeito residual da adubação realizada na soja. Por ocasião do espaçamento do milho, as parcelas corresponderam a três linhas com 10 m de comprimento, espaçadas 0,8 m entre si ($24\ m^2$), considerando uma área útil de $9 \times 1,6\ m$ ($14,4\ m^2$).

A cultivar de soja utilizada foi a Anta 82RR, tipo de crescimento indeterminado, a qual foi semeada em 20/10/2013, utilizando-se semeadora de tração mecanizada. As sementes de soja foram inoculadas com bactérias fixadoras

de nitrogênio atmosférico, conforme procedimento atual da fazenda. Na implantação e condução da cultura da soja, foram aplicados em superfície sem incorporação 150 kg ha⁻¹ de MAP em pré-plantio. Os tratos fitossanitários (aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas) foram realizados quando necessário, conforme o protocolo da fazenda (época, quantidade e tipo de produto a ser aplicado).

No milho foi utilizado o híbrido Pioneer P3646 intrasect, o qual foi semeado em 05/02/2014, onde foram aplicados em superfície sem incorporação 55 kg ha⁻¹ de MAP em pré-plantio, e 150 kg ha⁻¹ de uréia tiofosfato de N-n-butiltriamida (NBPT) em V3 da cultura. Os tratos fitossanitários foram realizados quando necessário, conforme o protocolo da fazenda.

Para avaliar o teor de K foliar foram realizadas amostragens em pleno florescimento da cultura da soja (aos 47 DAS) e no milho foram realizadas por ocasião do florescimento feminino (aos 91 DAS). Na cultura da soja, foram coletados quatro trifólios por parcela, retirando-se o terceiro trifólio completamente expandido a partir do ápice da planta (BOARETTO et al., 2009). Para o milho segunda safra foram coletadas quatro folhas índice por parcela, retirando-se a folha do lado oposto e abaixo a primeira espiga, conforme recomendação de Rehm et al. (2002). As amostras foliares de soja e de milho foram secadas e desintegradas em moinho do tipo Willye com malha de 20 mesh e armazenadas para posterior análise. A digestão das folhas foi realizada por meio da solução nítrico-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997), e a determinação do teor de K por fotometria de chama.

Por ocasião do florescimento da soja avaliou-se a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de vagens (MSV) e número de vagens por planta (NVP), coletando-se quatro plantas ao acaso por parcela. Para a determinação da massa seca, as plantas foram levadas a estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas.

As colheitas da soja, e do milho segunda safra, foram realizadas nos dias 02/02/2014 e 12/07/2014 respectivamente, manualmente na área útil das parcelas, após a trilhagem das plantas, foram determinadas a produtividade de grãos e massa de sementes, com a umidade corrigida a 13% (BRASIL, 2009).

Por ocasião do florescimento feminino do milho segunda safra, avaliou-se o diâmetro de colmo (DC), de quatro plantas aleatórias por parcela, utilizando-se um paquímetro digital modelo LEETOOLS-150mm. Após a colheita do milho segunda safra, foram avaliados os parâmetros: comprimento de espiga (CE), diâmetro de

espiga (DE), número de grãos por espiga (NGE), de quatro plantas aleatórias por parcela.

Após quantificar o teor de K nos grãos de soja e milho segunda safra, determinou-se o acúmulo de K_2O exportado nos grãos de acordo com as produtividades obtidas em cada tratamento, coletando-se quatro amostras em cada parcela, após as colheitas, secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas e digeridas em solução nítrico-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997). As determinações das concentrações de K nos extratos foram realizadas por espectrometria de emissão em plasma indutivamente acoplada – ICP-EOS.

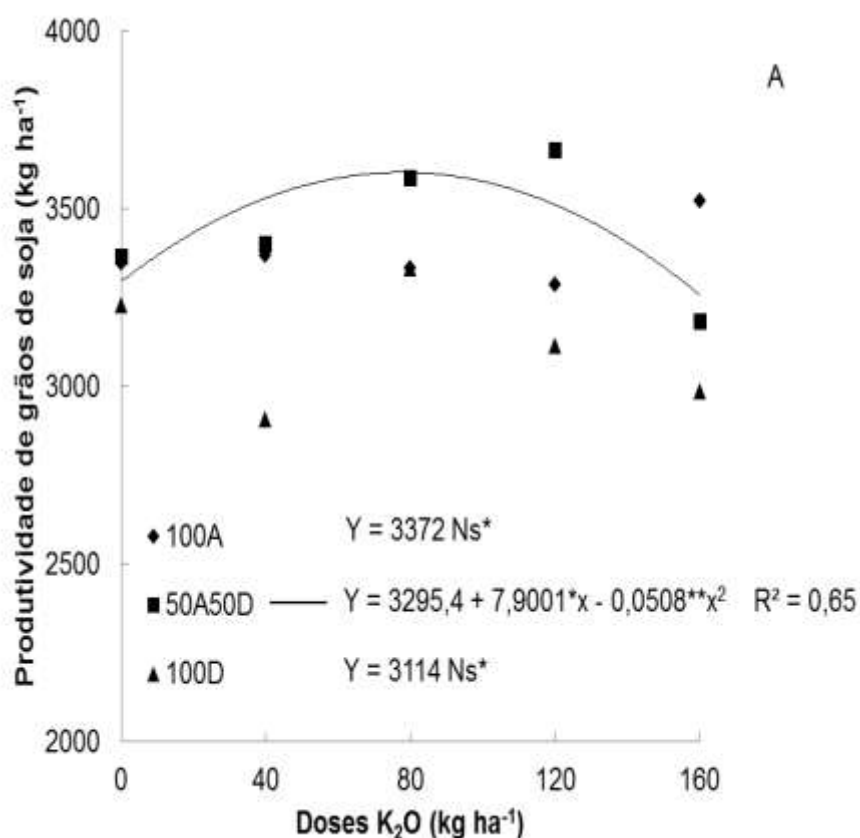
Após a colheita da soja e do milho segunda safra, respectivamente, foram realizadas as amostragens de solo, afim de determinar os teores de K de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Coletando-se uma amostra composta de duas subamostras, sendo uma na linha de semeadura e outra na entrelinha da área útil central das parcelas. Para a análise química dos teores K disponíveis no solo, foi utilizado o extrator Mehlich 1 (SILVA, 2009).

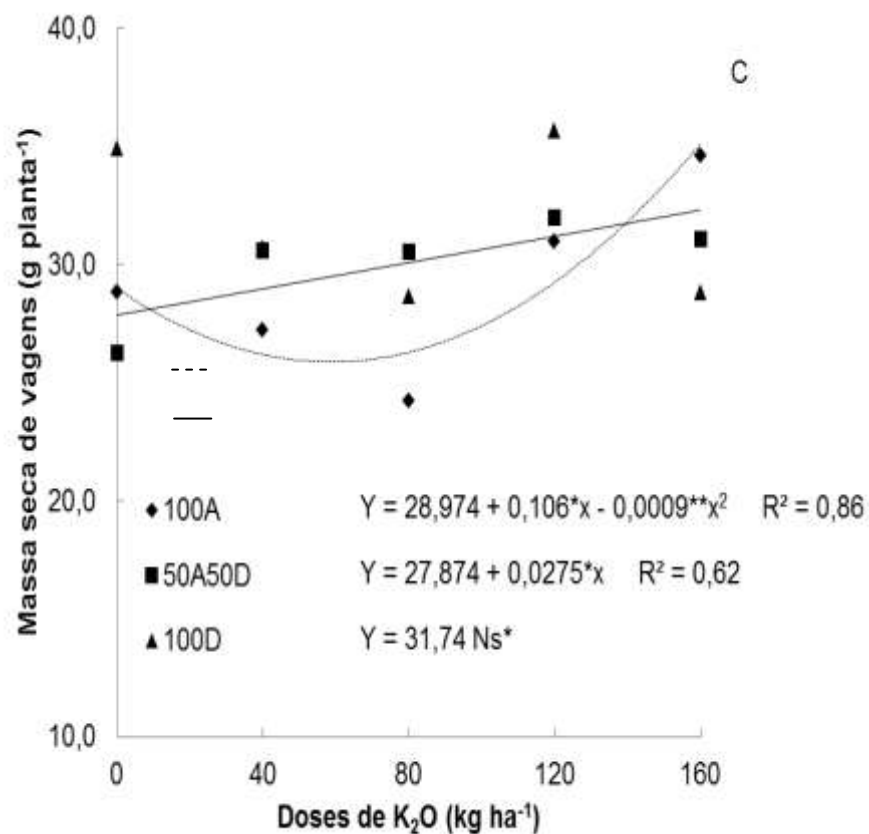
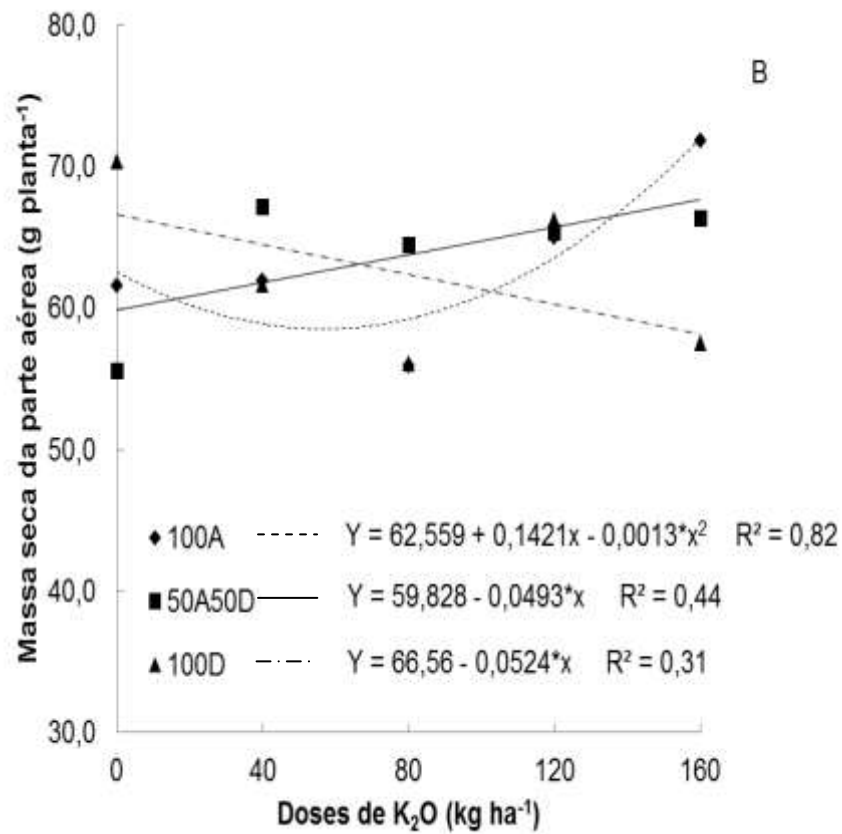
Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do sistema computacional Sisvar (FERREIRA, 2011) e, quando encontradas diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste F a 0,05 de probabilidade, os mesmos foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade e geradas equações de regressão, em função das doses do fertilizante aplicado. E os gráficos gerados através do programa SIGMAPLOT 10.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que para produção de grãos de soja (PGS), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de vagens (MSV) e número de vagens por planta (NVP) houve interação significativa entre os fatores avaliados (Apêndice A)

Para as variáveis MSPA, MSV e NVP houve pouca variação das médias e baixo ajuste nos modelos polinomiais em função das doses de K_2O (Figuras 2B, 2C e 2D), o que, de maneira geral, refletiu na produção de grãos (Figura 2A).





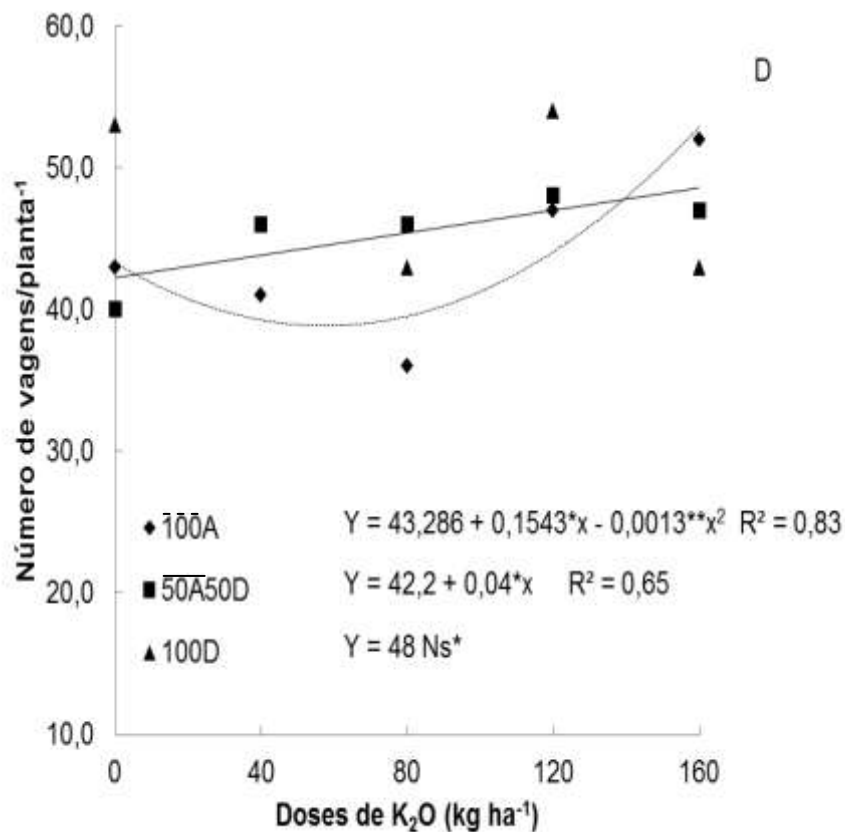


Figura 2. Produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹) (A), Massa seca da parte aérea (g planta⁻¹) (B), Massa seca de vagens (g planta⁻¹) (C) e Número de vagens (planta⁻¹) (D) em função das épocas de aplicação e doses de K₂O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí, GO.

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, portanto o fator disponibilidade de água pode ter influência sobre as variáveis analisadas. Nota-se que as quantidades e distribuição das chuvas, nos períodos de condução do experimento, foram abaixo das médias históricas para a região (Figura 1), provavelmente contribuindo para nivelar as respostas da soja a níveis inferiores aos esperados com a aplicação dos tratamentos.

Como a maior parte do K é transportada até à raiz por difusão, processo altamente dependente da água do solo, sua baixa disponibilidade minimiza o teor do nutriente que pode ser absorvido pela planta, justificando, possivelmente, a falta de respostas aos investimentos de doses de K₂O aplicados no solo.

A falta de resposta consistente aos diferentes tratamentos pode estar atribuída à existência de elevada reserva de potássio no solo (Tabela 1). Brevilieri (2012), também, não encontrou respostas da soja ao aumento nas doses de

fertilizantes potássicos aplicados em Latossolo argiloso cultivado no sistema plantio direto por 16 anos, em Dourados – MS. Esse fato foi atribuído à boa fertilidade já existente na área, uma vez que o teor de K no solo era de 75 mg dm^{-3} .

Considerando a equação adaptada de Castro e Meneghelli (1989), em que a classe de resposta de um solo à adubação potássica é em função do equilíbrio entre as bases, ou seja, resposta a K = $K/\sqrt{(Ca + Mg)(\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3})}$. O valor de 0,09 alcançado pela equação considerando o teor de Ca, Mg e K no início do experimento, explica em parte a baixa resposta da cultura da soja a aplicação de K no presente estudo, mesmo com os teores de K no solo se enquadrando como adequado (71 mg dm^{-3}), pela classificação dos solos de cerrados para culturas anuais.

Essa constatação explica em parte a falta de respostas obtidas na produção da soja com aplicação dos tratamentos, principalmente para os tratamentos sem adição de K, ou seja, já havia um equilíbrio entre as bases no solo em condição inicial de fertilidade (antes da aplicação dos tratamentos). No entanto, qualquer tentativa de obter respostas positivas com adição de K_2O no solo foram minimizados pelo baixo teor de Ca e Mg.

Os dados relacionados com a produtividade da soja (Figura 2) levam a evidências de que, na atual condição de fertilidade do solo na área estudada, seria possível aprimorar o manejo da adubação potássica, de forma a conciliar maior lucratividade e o uso mais eficiente de fertilizantes, uma vez que, não se observa significativas diferenças entre o tratamento que não recebeu K dos demais que receberam adubação potássica. Entretanto, a possibilidade de diminuir as doses ou até mesmo não aplicar K, deve estar atrelada ao monitoramento periódico com análises de solo, de modo a não haver comprometimento dos estoques disponíveis no sistema.

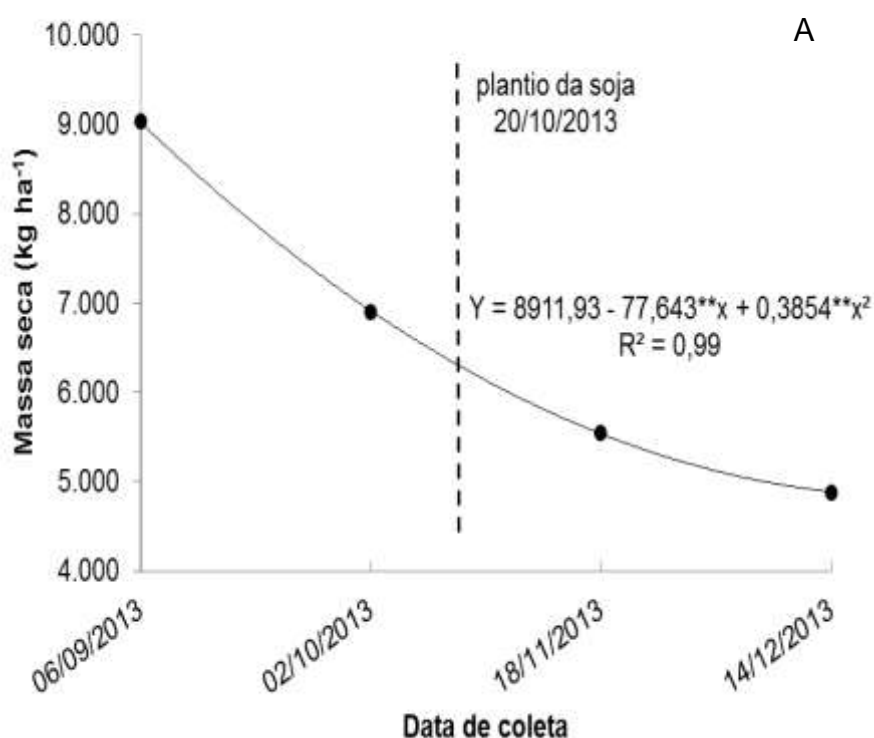
Outro fator que deve ser considerado no manejo da adubação de sistemas é o aporte de nutrientes pela palhada de culturas antecessoras (RESENDE et al., 2012), o qual pode ser observado neste trabalho, em torno de 100 kg ha^{-1} de K_2O via palhada do milho segunda safra do ano anterior até a data de plantio da soja (Figura 3C).

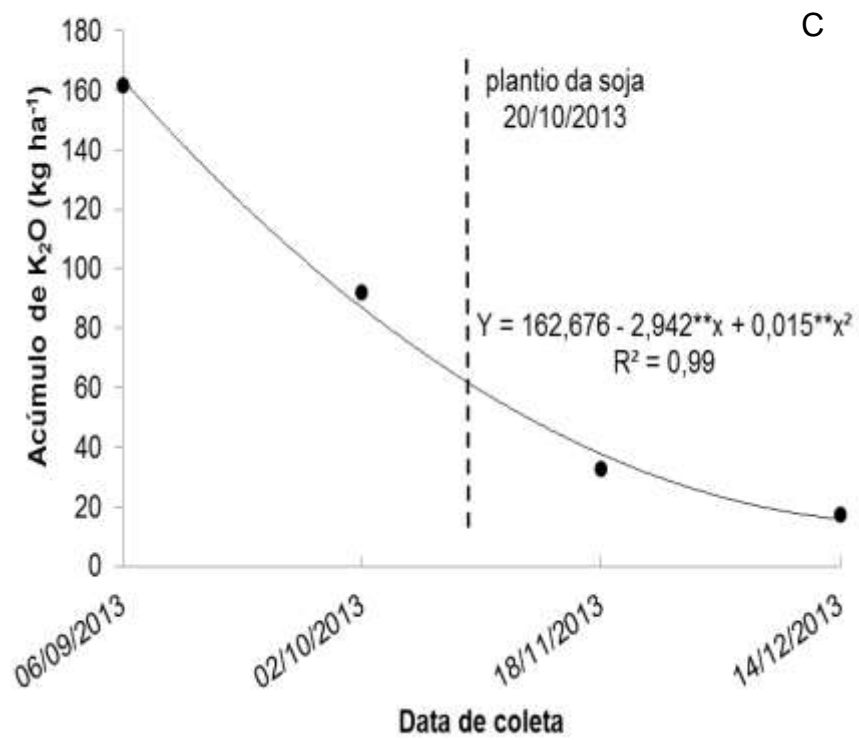
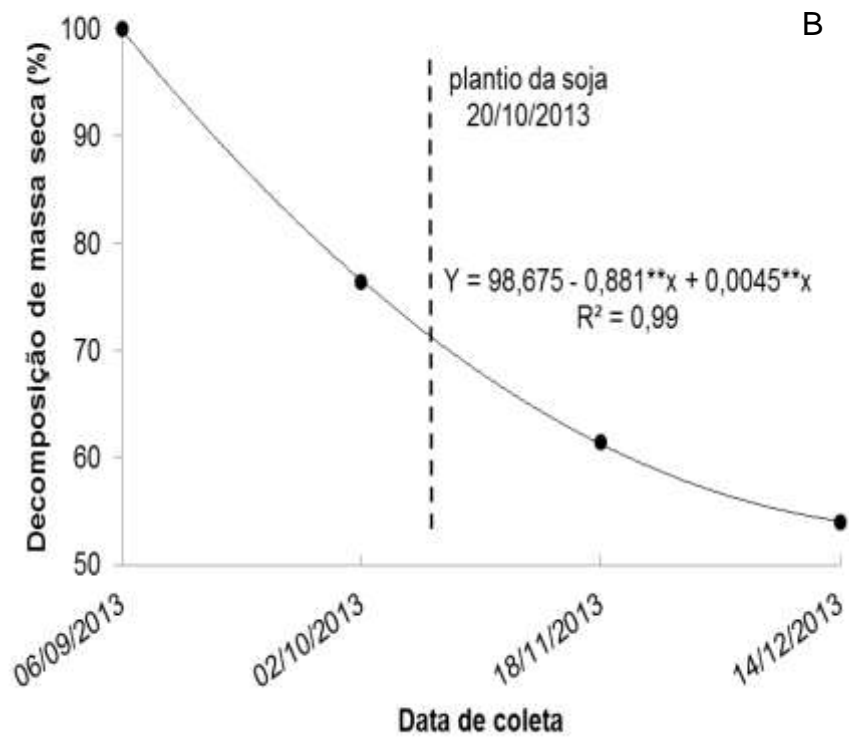
De acordo com os principais boletins de recomendação da adubação potássica para a região do Cerrado, a restituição potássica feita através da ciclagem

de nutrientes, representa a base de fertilidade para o estabelecimento da cultura da soja.

Partindo desse pressuposto, a adubação de manutenção seria a mais indicada para este sistema de produção, pois forneceria quantidades de potássio suficiente para promover nutrição e desenvolvimento da soja, com base nas quantidades exportadas na colheita dos grãos, resguardando o potencial produtivo da área, além de promover a economicidade de fertilizantes.

Segundo Bataglia & Mascarenhas (1977), o período de maior absorção de K pela soja ocorre aos 60 dias após a emergência, em que a cultura necessita de aproximadamente $1,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Com base no trabalho dos autores citados e nos dados obtidos nesse trabalho pode-se considerar que a palhada de milho é uma importante fonte de K para a soja, pois aos 73 dias chegou um valor médio de $1,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, suprimindo a necessidade de K para a soja.





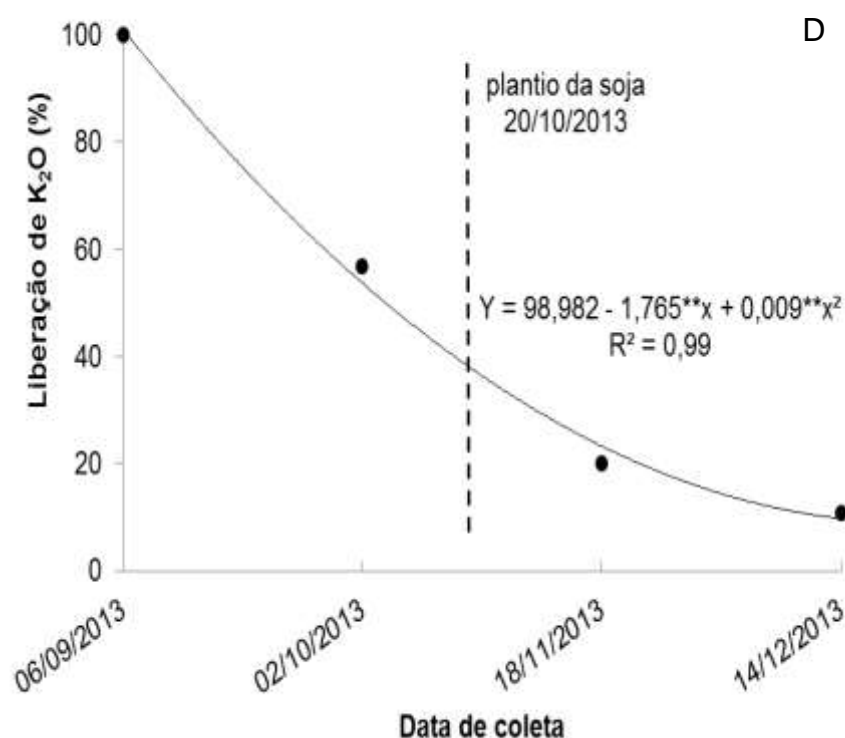


Figura 3. Matéria seca (A) (kg ha^{-1}); taxa de decomposição da palhada (B) (%); acúmulo de K_2O (C) (kg ha^{-1}) e liberação de K_2O (D) (%) do milho remanescente.

Observa-se também na figura 3A, 3B e 3D dados de massa seca, taxa de decomposição e de liberação de K_2O pela palhada do milho segunda safra, respectivamente.

De acordo com a Figura 3A, o milho segunda safra produziu aproximadamente 9 Mg ha^{-1} de matéria seca, sendo que, 26% da palhada foi decomposta nos primeiros 45 dias após a primeira coleta, período que coincide com a data do plantio da soja (Figura 3B). No entanto, este estudo demonstrou que a palhada do milho segunda safra se decompõe mais lentamente e de forma mais contínua e uniforme ao longo do tempo de avaliação. Ao final dos 99 dias de avaliação, observou-se redução de 45% da matéria seca da palhada de milho. Estudando a decomposição da palhada de Bertol et al. (2004) verificaram redução, em cinco meses, de 53% na quantidade do resíduo de milho depositado sobre o solo.

Observa-se que as variações de disponibilidade de K no solo (Apêndice C), conforme os tratamentos, não refletiram nos teores de K nas folhas na época do

florescimento tão pouco na massa de mil grãos, mas influenciaram a produtividade e, por consequência, a exportação de K₂O com a colheita.

Ao avaliar o acúmulo de K₂O exportado via grãos de soja, observa-se que houve efeito significativo isolado para o fator épocas de aplicação (Apêndice 1). Observa-se que, a aplicação potássica 100% depois do plantio e parcelada soja promoveram menores acúmulos de K₂O via grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Acúmulo de K₂O nos grãos (kg ha⁻¹), teor de K foliar (g kg⁻¹) e massa de mil grãos (g) na soja em função das épocas de aplicação e doses de K₂O em Latossolo com fertilidade constituída em Jataí, GO.

Épocas de aplicação	Acúmulo de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Teor de K foliar (g kg ⁻¹)	Massa mil grãos (g)
100A	75,53 a	23,6 a	127 a
50A50D	67,83 b	24,3 a	126 a
100D	68,81 b	24,8 a	130 a
C.V.(%)	9,83	8,03	3,22

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; 100A: dose aplicada antes do plantio; 50A50D: dose aplicada com metade antes do plantio e metade em cobertura; 100D: dose aplicada em cobertura.

Como esperado, o tamponamento de K no solo parece ter se confirmado, parcialmente, pela ausência de respostas à variação na adubação potássica para as variáveis teor de K na folha na época do florescimento e massa de mil grãos de soja, que não apresentaram efeito de interação e/ou de fator isolado entre as fontes de variação analisadas, com valores médios de 24,23 g kg⁻¹ e 127,66 g, respectivamente (Apêndice A).

Esses dados corroboram com os obtidos por Coelho et al. (2005) para massa de mil sementes e teor de K nas folhas de soja. Zancanaro et al., (2002) relatam que em Mato Grosso, em solos de textura média, as maiores produtividades foram obtidas com teores de K foliar na faixa de 20 a 24 g K kg⁻¹ de material, valores similares aos encontrados no presente estudo com média de 24,25 g K kg⁻¹.

Essa constatação implica que, o maior aporte de K no solo via adubação, em áreas de boa fertilidade, parece favorecer um “consumo de luxo”, uma vez que, a cultivar de soja testada parece ser mais eficiente no uso de K do que normalmente é observado em estudos divulgados na literatura. Petter et al. (2012) comprovam haver situações de solo e de manejo da adubação que promovem o consumo de luxo, podendo culminar em maiores taxas de exportação do nutriente.

Em termos absolutos, de acordo com a Tabela 2, observa-se que a aplicação parcelada, independentemente da dose, favoreceu menor acúmulo de exportação de K_2O via grãos, mesmo com produção superior alcançada com as aplicações total em pré-plantio e em cobertura (30 DDS).

Provavelmente, por se tratar de um solo de fertilidade constituída, e que, apresenta níveis adequados de K no solo, a aplicação parcelada fornece quantidades mínimas para que a planta transloque o K para os grãos sem maiores estresses abióticos e/ou desequilíbrios entre as bases do solo. Outro fator que pode ter contribuído para menores teores de K nos grãos via adubação parcelada, é distribuição mais regular das chuvas no final do mês de novembro (Figura 1A), de modo que os incrementos de absorção foram prontamente mobilizados para atender à demanda fisiológica para a crescente produção de grãos (Lana et al., 2002), permanecendo estáveis as concentrações presentes em cada órgão da planta.

Nas condições experimentais deste trabalho, a análise de solo permitiu detectar variações na disponibilidade de K associadas às diferenças de produtividade, o que não foi possível com a análise foliar.

Diante disso, compreender o dimensionamento das quantidades de fertilizantes para a safra em sucessão soja-milho em solos de fertilidade constituída é a noção de que se está lidando com a adubação de um sistema de culturas e não de uma estação de cultivo de forma isolada.

No entanto, fica evidênte que no manejo adequado da adubação potássica da soja, uma estratégia importante é considerar o balanço de potássio nas culturas que compõem o sistema de produção. A fertilização que se deve aplicar nestes sistemas em sucessão depende dos créditos de nutrientes remanescentes de safras anteriores no solo e nas palhadas que certamente irá influenciar o saldo de nutrientes no sistema após a colheita da cultura de inverno.

Dados da Figura 3, comprovam que o milho cultivado em sucessão a soja, pode ser importante para o suprimento de K à cultura subsequente, principalmente, aquelas mais exigentes, como a soja. Os resultados indicam que a palhada do milho deixada sobre a superfície do solo acumula quantidades apreciáveis de K, que ficam, temporariamente indisponíveis às plantas, mas logo retornam ao solo durante o processo de lavagem.

Outra constatação importante baseado em dados da Embrapa Tecnologias de produção de soja (2011), a demanda de K_2O é de aproximadamente 38 kg para cada tonelada de grãos produzidos. Considerando a produtividade média obtida nos tratamentos sem adição de K_2O de 3.313 kg ha^{-1} , a taxa de extração da cultura, atingiria $125 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, deste, aproximadamente $70 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ seriam exportados das lavouras pelos grãos. A partir desses valores e não considerando perdas de nutrientes por condições adversas da área e clima, a liberação de K_2O da palhada do milho segunda safra seria capaz de repor a quantidade de K_2O exportada pelos grãos de soja.

Esses resultados comprovam 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 de K residual pode ser utilizada nos anos em que o agricultor está com poucos recursos financeiros e a relação de troca adubo/produto está elevada.

Assim, na adubação de manutenção da soja devem ser levados em consideração alguns critérios que preconizam a reposição do estoque e a ciclagem de nutrientes naquele sistema de culturas, permitindo suprimento suficiente ao desenvolvimento e à produtividade da soja na safra em andamento e realimentando o estoque do sistema, garantindo a base de fertilidade para o estabelecimento da cultura subsequente.

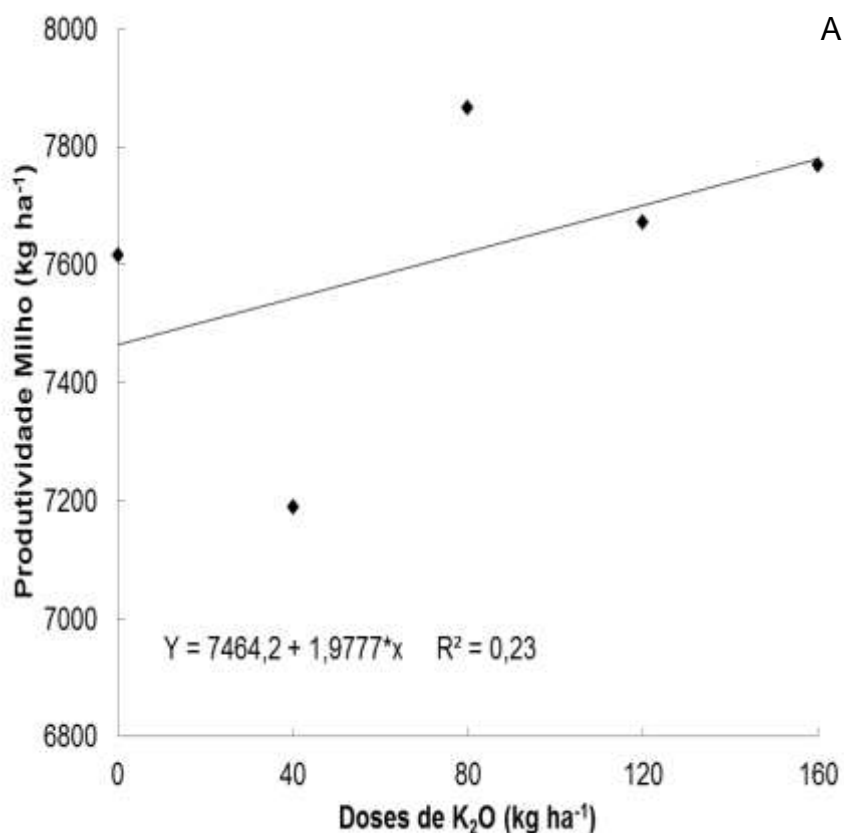
As análises de solo coletadas em duas profundidades antes da semeadura do milho segunda safra (Apêndice 3), denotam que os teores de K, independentemente das épocas de aplicação e doses de K_2O , sofreram significativas reduções em seus teores, permanecendo abaixo do nível crítico de 70 mg dm^{-3} de acordo com Sousa e Lobato, (2004a).

Porém, é interessante ressaltar que os resultados permitem inferir que o uso de fertilizantes potássicos com o objetivo de aumentar a reserva do K no solo, independentemente da forma com que possa acumular, não se justifica plenamente, pois também há esgotamento dessas formas pela absorção de luxo pelas plantas, bem como elevadas perdas por lixiviação (ROSOLEM et al., 2006a; WERLE et al., 2008).

Mesmo sobre essas constatações, a produtividade do milho segunda safra respondeu bem aos investimentos em adubação, aplicados na cultura de verão, e o fator doses de K_2O mostrou-se significativo com ajuste linear (Figura 4A) (Apêndice B).

Em termos absolutos, a produtividade do milho variou em média de 7.188 a 7.867 $kg\ ha^{-1}$, conforme a distribuição das doses de K_2O entre os tratamentos. De acordo com a Figura 4A, analisando o comportamento linear da reta, observa-se que, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação igual ou superior a 80 $kg\ K_2O\ ha^{-1}$, independentemente das épocas de aplicação, concomitantemente, foram as doses que apresentaram maiores efeitos residuais de K ao solo após a colheita da soja (Apêndice C).

Para as variáveis acúmulo de K_2O nos grãos e massa de 100 grãos de milho, observou-se interação entre os fatores (Apêndice 1).



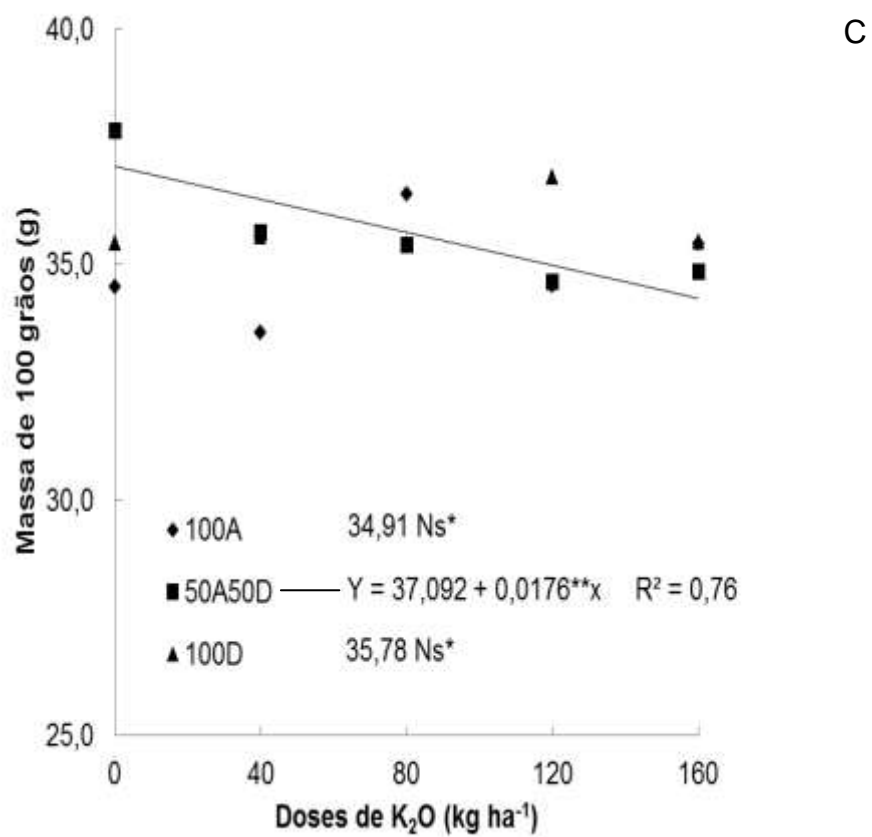
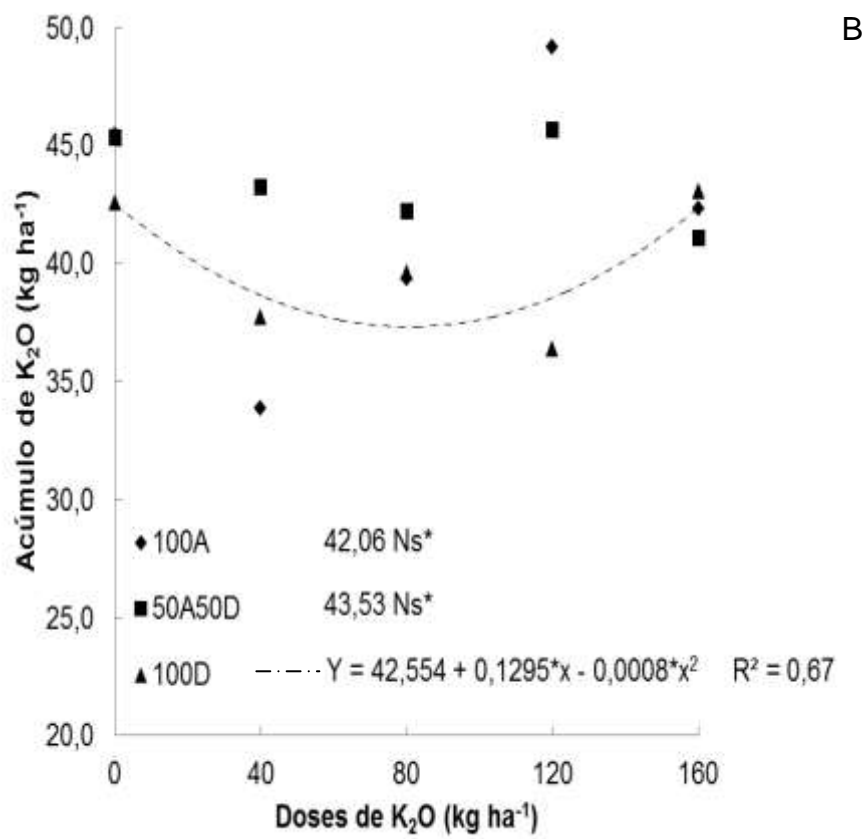


Figura 4. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (A), Acúmulo de K_2O nos grãos (kg ha^{-1}) (B) e Massa de 100 grãos de milho (g) (C) em função das épocas de aplicação e doses de K_2O em Latossolo com fertilidade construída em Jataí,GO.

No entanto, não verificou-se respostas positivas entre o maior acúmulo de K_2O exportado para os grãos com a produtividade. Os menores índices de acúmulo de K_2O nos grãos de milho segunda safra ocorreram justamente quando o fertilizante potássico foi aplicado 100% antes do plantio da soja (Figura 4B). Ao avaliar a massa de 100 grãos de milho, observa-se que a aplicação parcelada, com 50% antes do plantio e 50% em cobertura (30 DDS), manteve relativamente constante o peso dos grãos, independentemente das doses de K_2O utilizadas (Figura 4C).

Apesar de não ter ocorrido grandes variações nos valores de produtividade do milho segunda safra para as doses de 80, 120 e 160 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, independente das épocas de aplicação (Figura 4A), o acúmulo de K_2O exportado nos grãos foram menores para os tratamentos que receberam, na cultura de verão, de forma única em cobertura (30 DDS) as doses de 80 e 120 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, respectivamente para os acúmulos de 39,65 e 36,41 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, com uma produtividade média de 7.770 kg ha^{-1} , de acordo com a Figura 4B. Diante desses valores, inferi-se que, a adubação potássica realizada com 100% da dose 30 dias depois da semeadura da soja, beneficiou a cultura do milho por manter seu efeito residual prolongado no solo (Apêndice C), fazendo com que a absorção K ocorrem de forma mais equilibrada pela planta.

Contudo, deduz se que, apesar do solo apresentar adequada condição de fertilidade inicial (Tabela 1), o saldo negativo de potássio no solo está diretamente relacionado com a forma de manejo adotado, visto que a adubação potássica foi realizada apenas na cultura da soja. Ou seja, a saída de K do sistema foi superior à entrada através do fertilizante, principalmente para o tratamento sem adubação e para a dose de 40 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Portanto fica evidente que, apesar do tratamento sem adubação obter boas produtividades, tanto para soja quanto para o milho, os teores de K no solo decresceram em média 41,9 e 27,3% em apenas uma safra, para as respectivas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, quando comparado o

tratamento testemunha com seu teor inicial (71 mg dm^{-3}), permanecendo abaixo do nível crítico para ambas às culturas (SOUSA & LOBATO, 2004a).

Para o milho segunda safra, de acordo com os resultados descritos na Tabela 3, observa-se que não houve diferença significativa para as variáveis: comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), diâmetro de colmo (DC), teor de K foliar no início do florescimento feminino e número de grãos por espiga (NGE). A interação entre épocas de aplicação e as doses de K, foi não significativa para estas variáveis, evidenciando assim comportamento independente dos fatores analisados (Apêndice B).

Tabela 3. Características agronômicas de milho segunda safra em sucessão a soja em função das épocas de aplicação e doses de K_2O em Jataí, GO.

	Comprimento de espiga (cm)	Diâmetro de espiga (cm)	Diâmetro de colmo (cm)
Médias	15,67 ^{ns}	4,83 ^{ns}	2,00 ^{ns}
C.V.	7,4	3,23	3,19
	Teor de K foliar (g kg⁻¹)	Número de grãos por espiga	
Médias	27,62 ^{ns}	614,00 ^{ns}	
C.V.	6,40	9,57	

ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A ausência de resposta do milho segunda safra aos parâmetros descritos acima, pode ser atribuída principalmente à característica de maior rusticidade dessa cultura em comparação a soja. Dessa forma, o milho mostra-se menos sensível às diferenças na disponibilidade de K no solo (AMADO et al., 2007), apresentando menor variação para as características agronômicas desejáveis (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados por Bernardi et al. (2009) avaliando doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão sob diâmetro e comprimento de espiga em sistema de plantio direto.

Assim como verificado na soja, o milho segunda safra, não apresentou efeito significativo entre as épocas de aplicação e doses de K_2O sob teor de K nas folhas no início do florescimento da cultura do milho (Apêndice B), com valor médio de $27,62 \text{ g K kg}^{-1}$ (Tabela 3). Os teores de K nas folhas na época do florescimento mantiveram-se relativamente constantes entre os tratamentos. Isso pode ser explicado pelos tetos de produtividade alcançados, de modo que os incrementos de

absorção foram prontamente mobilizados para atender à demanda fisiológica para a crescente produção de grãos, permanecendo estáveis as concentrações de K presentes em cada órgão da planta.

Esse comportamento é plausível ao se considerar, também, que o solo argiloso (620 g kg⁻¹ de argila) da área experimental, cultivado sob plantio direto e adubado há muitos anos, deve apresentar alto grau de tamponamento, favorável à conservação dos elevados teores de nutrientes e matéria orgânica existentes no início do experimento (Tabela 2). Tal tamponamento deve contribuir inclusive para aumentar a eficiência de aproveitamento de fertilizantes (CUBILLA et al., 2007), de modo que doses moderadas sejam suficientes para atender a demanda de uma safra de milho nesse solo de fertilidade construída.

No entanto, para a adoção da prática da adubação de sistemas é necessário considerar os teores de nutrientes pré-existentes no solo, os níveis de adubação da cultura anterior, a demanda da próxima cultura, além de eventuais perdas, principalmente, no caso de nutrientes lixiviáveis como o K (ALTMANN, 2012). Para aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes em solos de fertilidade construída, sugere-se reduzir a quantidade a ser aplicada na cultura menos responsiva, no caso do presente trabalho, a soja, e intensificar a adubação da cultura mais responsiva, no caso, o milho. Outros autores, também, têm relatado o comportamento diferenciado entre as duas culturas e sugerido manejo semelhante (BENITES; POLIDORO; RESENDE, 2010).

Depreende-se, assim, que a sustentabilidade de sistemas, envolvendo sucessão soja/milho, comuns na região de Cerrado, depende da manutenção de níveis de fertilidade que atendam aos requerimentos nutricionais de ambas as culturas, a fim de evitar a perda de potencial produtivo do sistema como um todo.

5. CONCLUSÃO

A soja é pouco responsiva a adubação potássica em solos de fertilidade construída no Cerrado.

A aplicação parcelada de potássio promove menores taxas de acúmulo de K_2O exportado das lavouras na forma de grãos de soja.

O milho segunda safra respondeu positivamente a adubação potássica aplicada na soja, independentemente da época de aplicação.

A ausência da adubação potássica em áreas de fertilidade construída sob sistema de rotação soja-milho contribui para redução dos teores de potássio no solo de aproximadamente 41,9 e 27,3%, respectivamente nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, permanecendo abaixo do nível crítico para ambas às culturas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, N. Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 140. Dez. 2012.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura do solo para o sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, 25-36 p, 2001.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, 1101-1110 p, 2007.

BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas, Instituto Agrônomo, 36 p, 1977. (Boletim Técnico,41).

BERNARDI, A.C.C. et al. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, 158-167 p, 2009.

BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN JR, W. A.; Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, 369-375 p, 2004.

BENITES, V. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. V. Oportunidades para a inovação tecnológica no setor de fertilizantes no Brasil. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, 18-21 p, 2010.

BOARETTO, A. E. et al. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Informação tecnológica, 59-85 p, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 395 p, 2009.

BREVILIERI, R.C. **Adubação fosfatada na cultura da soja em latossolo vermelho cultivado há 16 anos sob diferentes sistemas de manejo**. 43 p, 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2012.

CASTRO, A. F.; MENEGHELLI, N. A. As relações $K^+ / (Ca^{2++}Mg^{2+})^{1/2}$ e $+/(Ca^{2++}Mg^{2+})$ no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, 751-760 p, 1989.

CALONEGO, J. C. et al. Persistência e liberação de nutrientes da palhada de milho, braquiária e labe-labe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, 770-781 p, 2012.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2013/14. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília, v. 1, n. 10, 1-85 p, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf>. Acesso em: 21 março. 2014.

COELHO, C. M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, v. 1, cap. 22, 613-658 p, 2005.

CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; MIELNICZUK, J. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, 1463-1474 p, 2007.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, 517-525 p, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja - Sistemas de Produção, n.15, 261 p, 2011.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEP, 183 p, 2005.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, 1039-1042 p, 2011.

GONÇALVES, S. L. et al. **Decomposição de resíduos de milho e soja em função do tempo e do manejo do solo**. Londrina: EMBRAPA, 19 p, 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos da Estação JATAÍ - GO (OMM: 86752)**. 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

KAMINSKI, J. et al. Potassium availability in a Hapludalf soil under long term fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, 783-791 p, 2010.

LANA, R. M. Q. et al. Doses de multifosfato magnésiano aplicados a lanço em pré-
semeadura, sob sistema plantio direto: cultura da soja. **Ciência e agrotecnologia**,
Lavras, v.31, n. 6, 1654-1660 p, 2007.

LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, O. T.; DE LIMA, L. M. .; JUNIOR, L. A. Z. Resposta da
soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. **Bioscience
Journal**, v. 18. 17-23 p, 2002.

LOPES, A. S. Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos
no Brasil. YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**.
Piracicaba, Potafos, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional
das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 319 p, 1997.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de
Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 281-298 p, 2006.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.;
ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da
Potassa e do Fosfato, v. 1, cap. 7, 165-178 p, 2005.

MYERS, S. W. et al. Effect of soil potassium availability on soybean aphid
(Hemiptera: Aphididae) population dynamics and soybean yield. **Journal of
economic entomology**, Califórnia, v. 98, n. 1, 113-120 p, 2005.

MENDES, M. C. et al. Dose de nitrogênio associado a enxofre elementar em
cobertura na cultura do milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e
Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, 96-106 p, 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.O. et al. **Soja**. In. PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP,
S.R. (Ed.). Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: culturas. Piracicaba,
SP: IPNI, 1-38 p, 2010.

PADOVAN, M. P. et al. Decomposição da palhadada da soja, cultivada sob manejo orgânico, para fins de adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, 2006.

PAVINATTO, P. S. et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, 358-364 p, 2008.
PETTER, F. A.; DA SILVA, J. A.; DE ALCANTARA NETO, F.; PACHECO, L. P.;

ALMEIDA, F. A.; GUIMARÃES SANTOS, G. & BORGES DE LIMA, L. Productivity and yield components of soybeans under dose and potassium application period in PiauÍ savannah. **Journal of Agricultural Science**, v.4, 173-171 p, 2012.

RAIJ, B. van. **Potássio**: necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 45 p, 1991.

REHM, G. W.; FENSTER, W. E.; OVERDAHL, C. J. Boron for Minnesota Soils. Extension Soil Specialists, College of Agriculture, **Food and Environmental Sciences**, Minneapolis, 2002.

RESENDE, A. V. et al. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2012. (Circular Técnica, 181).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 359 p, 1999.

RODRIGUES, M. A. C. et al. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 2, 127–133 p, 2014.

ROSOLEM, C. A. Et al. Lixiviação de K no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milheto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, 813-819 p, Set./Out. 2006a.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, Set./Out. 2012.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 353 p, 2013.

SILVA, C.S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p, 2009.

SIMONSSON, M. et al. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material. **Geoderma**, Amsterdam, v. 140, n. 1-2, p. 188-198, Jun. 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 283-315 p, 2004.

STENVENSON, F.J. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients**. New York: John W, 380 p, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 720 p, 2012.
VALDERRAMA, M. V. et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, 254-263 p, 2011.

VIEIRA, R. C. B. et al. Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em Latossolos sob plantio direto no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.37, n. 1, 188-198 p, 2013.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, Section D. 48 p, 2000.

WERLE, R. et al. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, 2297- 2305 p, 2008.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L. C.; HILLESHEIM, J. Adubação fosfatada e potássica da soja no Cerrado. **INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS**. Piracicaba: Potafos, n. 98, 2002.

APÊNDICE

Apêndice A. Resumo da análise de variância dos parâmetros da cultura da soja em função das épocas de aplicação (Ep) e doses de K₂O (DK) em Latossolo com fertilidade construída, safra 2013/14.

Características avaliadas	CV (%)	Quadrado Médio		
		Ep	DK	Ep x DK
Massa seca da parte aérea	9,51	10,066	86,958	140,5545*
Massa seca de vagens	11,21	34,866*	45,975**	39,325**
Número de vagens	11,22	75,95	100,66**	93,24**
Massa de mil grãos	3,22	5,416	32,691	11,104
Teor de K nas folhas	8,03	4,95	4,67	3,37
Acúmulo de K ₂ O nos grãos	9,83	242,516**	34,983	70,433
Produtividade da soja	6,60	589334,81**	81028,55	107921,48*

** , * P significativo, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Ep: épocas de aplicação; DK: doses de potássio; Ep x DK: interação entre épocas de aplicação e doses de potássio.

Apêndice B. Resumo da análise de variância dos parâmetros da cultura do milho segunda safra em função das épocas de aplicação (Ep) e doses de K₂O(DK) em Latossolo com fertilidade construída, safra 2013/14.

Características avaliadas	CV (%)	Quadrado Médio		
		Ep	DK	Ep x DK
Comprimento de espiga	7,40	0,338	1,881	1,528
Diâmetro de espiga	3,23	0,050	0,019	0,016
Número de grãos por espiga	9,57	7088,3	3174,9	1492,3
Diâmetro de colmo	3,19	0,001	0,005	0,004
Massa de 100 grãos	4,14	4,526	1,960	5,487*
Teor de K nas folhas	6,40	3,348	6,206	5,976
Acúmulo de K ₂ O nos grãos	9,68	66,48*	76,44**	55,25**
Produtividade do milho 2 ^a safra	5,94	194197,6	816483,9**	277713,5

** , * P significativo, a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Ep: épocas de aplicação; DK: doses de potássio; Ep x DK: interação entre épocas de aplicação e doses de potássio.

Apêndice C. Teor médio de K (mg dm^{-3}) do solo da área experimental, de 0-20 e 20-40 cm de profundidades, após a colheita das culturas, safra 2013/14.

		Manejo da adubação potássica ($\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$)														
Épocas de aplicação	Profundidade (cm)	100% A.P					50% A. 50% D.P					100% D.P				
		0	40	80	120	160	0	40	80	120	160	0	40	80	120	160
		----- K mgdm^{-3} -----														
após soja	0-20	44,18	40,94	48,46	57,65	73,52	55,14	45,12	60,15	86,05	60,99	44,28	58,48	66,00	66,84	77,70
	20-40	41,77	28,41	28,41	33,42	46,79	26,74	35,09	31,75	53,47	46,79	33,42	31,75	45,12	25,06	36,76
Após milho	0-20	40,60	32,38	41,28	50,67	64,30	45,06	34,65	49,86	75,39	51,19	37,97	49,52	55,88	62,83	66,75
	20-40	35,14	23,42	22,89	26,07	42,94	34,89	33,62	25,45	48,38	38,02	28,09	25,93	40,51	31,08	34,41

K extraído com Mehlich 1. AP – antes do plantio, DP – depois do plantio.