

JEANDER OLIVEIRA CAETANO

**CORREÇÃO DO SOLO E SISTEMAS DE ROTAÇÃO
DE CULTURAS SOBRE A ABSORÇÃO DE
NUTRIENTES E PRODUÇÃO DE SOJA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

Co-orientadores:

Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro

Dr. Vinícius de Melo Benites

Goiânia, GO - Brasil

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(GPT/BC/UFG)

C128c Caetano, Jeander Oliveira.
Correção do solo e sistemas de rotação de culturas sobre a absorção de nutrientes e produção de soja / Jeander Oliveira Caetano. – 2011.
96 f. : il. (figs, tabs).

Bibliografia: p. 67-83
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2011.
“Orientador: Prof. Dr Hamilton Seron Pereira”.
“Co-orientadores: Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro, Dr. Vinícius de Melo Benites”.

1. Solo – correção – rotação de culturas – produção de soja. 2. Nutriente – absorção – solo. 3. Cerrado – plantio direto. 4. Cobertura vegetal. 5. Lavoura - pecuária – integração. I. Pereira, Hamilton Seron. II. Carneiro, Marco Aurélio Carbone. III. Benites, Vinícius de Melo. IV. Universidade Federal de Goiás. V. Título.
CDU: 631.581:633.34(043.2)
631.416
631.42

JEANDER OLIVEIRA CAETANO

**CORREÇÃO DO SOLO E SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE
CULTURAS SOBRE A ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E
PRODUÇÃO DE SOJA**

Tese DEFENDIDA e APROVADA em 25 de fevereiro de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro
Co-orientador - UFG

Dr. Vinícius de Melo Benites
Co-orientador - Embrapa Solos

Dra. Maria da Conceição Santana Carvalho
Examinadora externa - Embrapa Algodão

Prof. Dr. Paulo César Timossi
Examinador externo - UFG/Campus Jataí

Prof. Dr. Wilson Leandro Mozena
Examinador interno - UFG

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
Orientador - UFU

Goiânia, Goiás
Brasil

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Selma e David,
Aos meus irmãos Ernesto e Fabiano,
À minha amada esposa Agda,

AGRADECIMENTOS

Seria impossível citar aqui todas as pessoas e instituições que me auxiliaram a trilhar o caminho que tornou possível esse trabalho. Porém, na tentativa de lembrar alguns, seguem os meus agradecimentos.

À Universidade Federal de Goiás, pela Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, especialmente aos seus professores: Kliemann, Nori, Coutinho, Vlândia, Mara Rúbia, Jácomo, Marcos, Wilson, Marco Aurélio e Hamilton, por suas amizades e ensinamentos, e aos seus funcionários, especialmente ao secretário Welinton, por sua paciência, amizade e profissionalismo. Agradeço também a esta universidade pela concessão da bolsa de doutorado.

À Cooperativa Mista dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano, por possibilitar a estrutura necessária para a realização desse trabalho, especialmente ao Dr. Carlos César e ao Wander.

Ao International Potash Institute (IPI) e à Embrapa Solos, na pessoa do Dr. Vinícius de Melo Benites, pelo auxílio financeiro e técnico para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg) pelo auxílio financeiro desse projeto.

Ao meu orientador, professor Dr. Hamilton Seron Pereira, e aos meus co-orientadores, Dr. Vinícius de Melo Benites e professor Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro, pelos ensinamentos, orientação e amizade.

À Dra. Maria da Conceição Santana Carvalho e aos professores Dr. Paulo César Timossi e Dr. Wilson Mozena Leandro, pela presteza em participar da banca.

À Universidade de Rio Verde, especialmente à professora June e aos funcionários do Laboratório de Solos: José Carlos, Fernando e Éder, pelo auxílio na

realização das análises de solo e folha.

Aos estagiários da Fesurv - Universidade de Rio Verde: Sílvio, Wheverton, Thiago, Cairo, Getúlio, Dailton, Danilo, Merhi e Deivide e da Universidade Federal de Goiás (Campus Jataí): Eloene, Jéssica, Elias e Everton, que me auxiliaram na realização das coletas.

À Universidade Federal de Goiás (Campus Jataí), especialmente aos funcionários do Laboratório de Solos: Marcos e Cleumar, e aos professores: Edésio, Helder, Vilmar e Hildeu pela convivência e troca de idéias.

Aos colegas da Pós-Graduação da UFG, especialmente àqueles com os quais pude compartilhar aulas e momentos de reflexão e descontração: Cícero, Adriana, Rafael, Sinnara, Paulo César, Pedro Moçambique, Priscila, Aquíria, Janne, Janaína, Carloeme, Cristiane, Pérola, Eurâimi, Leandro, Mara, Glênio, Sidney.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO.....	16
2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	18
2.3 COBERTURA VEGETAL DO SOLO	20
2.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	23
2.5 CALAGEM	25
2.6 ADUBAÇÃO POTÁSSICA.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	30
3.2 FORMAS DE CORREÇÃO DO SOLO (PARCELA)	31
3.3 TIPOS DE COBERTURA VEGETAL (SUBPARCELA)	32
3.4 DOSES DE POTÁSSIO (SUBSUBPARCELA)	34
3.5 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DA PARTE AÉREA DOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL	34
3.6 AMOSTRAGEM E ANÁLISES DO SOLO.....	35
3.7 SEMEADURA, ANÁLISE FOLIAR E RENDIMENTO DA SOJA	35
3.8 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E CICLAGEM DE NUTRIENTES PELOS TIPOS DE COBERTURA	40
4.1.1 Produção de biomassa dos tipos de cobertura	40
4.1.1.1 Tipo de cobertura.....	40

4.1.1.2	Correção do solo.....	42
4.1.1.3	Dose de potássio.....	43
4.1.2	Ciclagem de nutrientes pelos tipos de cobertura.....	43
4.1.2.1	Tipo de cobertura.....	44
4.1.2.2	Correção do solo.....	47
4.1.2.3	Dose de potássio.....	47
4.2	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	47
4.2.1.1	Tipo de cobertura.....	47
4.2.1.2	Correção do solo.....	48
4.2.1.3	Dose de potássio.....	54
4.3	RENDIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DA SOJA.....	55
4.3.1	Rendimento da soja.....	55
4.3.1.1	Tipo de cobertura.....	55
4.3.1.2	Correção do solo.....	57
4.3.1.3	Dose de Potássio.....	58
4.3.2	Estado nutricional da soja.....	59
4.3.2.1	Tipo de cobertura.....	59
4.3.2.2	Correção do solo.....	61
4.3.2.3	Dose de potássio.....	62
5	CONCLUSÃO.....	66
6	REFERÊNCIAS.....	67
	APÊNDICES.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Caracterização química e física do solo realizadas em 10/10/2007, antes da implantação do experimento.	31
Tabela 2.	Tratamento empregado nas subparcelas e seu histórico de cultivo dos tipos de cobertura vegetal e grãos ao longo de três anos de cultivo.	33
Tabela 3.	Quantidades equivalentes de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, em kg ha ⁻¹ , aplicadas em cada período de cultivo via adubações de plantio e/ou cobertura.	33
Tabela 4.	Esquema de análise de variância do efeito entre os fatores correção (parcela), tipos de cobertura vegetal (subparcela) e dose de KCl (subsubparcela) em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x3x4 e 2x4x4.	39
Tabela 5.	Produção da biomassa seca da parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura vegetal, em kg ha ⁻¹ , submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (safra 2009/2010).	41
Tabela 6.	Teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal para N, P, K, Ca e Mg, submetidos aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (Safra 2009/2010).	45
Tabela 7.	Médias de pH CaCl ₂ , Al ³⁺ , saturação por alumínio (m), teor de H+Al, Ca ²⁺ e Mg ²⁺ , K ⁺ e saturação por bases (V) de um Latossolo Vermelho distrófico submetido aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (Safra 2009/2010).	49
Tabela 8.	Médias de CTC efetiva (CTC _{ef}), CTC pH 7,0 (CTC), matéria orgânica do solo (MOS), P disponível e os teores de Fe ²⁺ , Mn ²⁺ , Cu ²⁺ e Zn ²⁺ de um Latossolo Vermelho distrófico submetido aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (Safra 2009/2010).	50
Tabela 9.	Rendimento de grãos da cultura da soja, em kg ha ⁻¹ , submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (safra 2009/2010).	56
Tabela 10.	Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn para cultura da soja, durante o período da floração, submetidos aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (safra 2009/2010).	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Precipitação média mensal do Centro Tecnológico Comigo (2007 a 2010)..	30
Figura 2.	Disposição dos tratamentos na área experimental durante o inverno da safra 2009/2010.....	38
Figura 3.	Disposição dos tratamentos na área experimental durante o verão da safra 2009/2010.....	38
Figura 4.	Relação entre a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal do solo (<i>B. ruziziensis</i> , restos culturais de sorgo e vegetação espontânea) e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha ⁻¹ , 20 kg ha ⁻¹ , 40 kg ha ⁻¹ e 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (safra 2009/2010).	43
Figura 5.	Relação entre os teores de K ⁺ no solo e as doses de KCl, equivalentes a 0 kg ha ⁻¹ , 20 kg ha ⁻¹ , 40 kg ha ⁻¹ e 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O, para as correções total inicial e parcelada anual, na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Safra 2009/2010)..	56
Figura 6.	Relação entre os valores médios e intervalo de confiança (95%) do rendimento de grãos de soja e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha ⁻¹ , 20 kg ha ⁻¹ , 40 kg ha ⁻¹ e 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (safra 2009/2010)..	59
Figura 7.	Relação entre os teores foliares de K, Ca e Mg da cultura da soja e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha ⁻¹ , 20 kg ha ⁻¹ , 40 kg ha ⁻¹ e 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (Safra 2009/2010).....	63
Figura 8.	Relação entre (Ca+Mg)/K e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha ⁻¹ , 20 kg ha ⁻¹ , 40 kg ha ⁻¹ e 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O para os teores foliares da cultura da soja (safra 2009/2010).....	64

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

* - significativo com $P < 0,05$ pelo teste F.

** - significativo com $P < 0,001$ pelo teste F.

^{ns} - não significativo com $P > 0,05$ pelo teste F.

CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

CTC_{ef} - capacidade de troca catiônica efetiva.

CV - coeficiente de variação.

ILP - integração lavoura-pecuária.

m - saturação por alumínio.

MOS - matéria orgânica do solo.

PRNT - poder relativo de neutralização total do calcário.

Rest. sorgo - restos culturais de sorgo.

SPD - sistema plantio direto.

V - saturação por bases.

Veg. esp. - vegetação espontânea.

RESUMO

CAETANO, J. O. **Correção do solo e sistemas de rotação de culturas sobre a absorção de nutrientes e produção de soja**. 2011. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.¹

A rotação de culturas, aliada à elevação de palhada sobre o solo, estão entre os principais requisitos para a implantação e manutenção do sistema plantio direto no Cerrado. O uso da integração lavoura-pecuária, aliada à introdução das braquiárias em áreas agrícolas, tem auxiliado a manutenção dessa cobertura e o aumento da quantidade de espécies de plantas como alternativas para rotação. Assim, ocorre a necessidade da avaliação dessas plantas de cobertura e das formas de manejo da fertilidade que são amplamente utilizadas pelos agricultores no Brasil. O objetivo foi avaliar o efeito de duas formas de correções de solo, quatro tipos de cobertura vegetal e quatro doses de KCl sobre a produção e teor de nutrientes da parte aérea da biomassa seca dos tipos de cobertura vegetal, a produtividade de grãos e teor de nutrientes foliares da soja e os atributos químicos de um Latossolo Vermelho. O delineamento foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas 2x4x4. Foi avaliada as formas de correção de solo total inicial e parcelada anual (parcela), os tipos de cobertura vegetal do solo *Brachiaria brizantha*, *B. ruziziensis*, restos culturais de sorgo e vegetação espontânea (subparcela) e as doses de KCl correspondentes a 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (subsubparcela). No solo, para as camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm, analisaram-se o pH CaCl₂; a matéria orgânica; os teores de Ca, Mg, K e Al trocáveis; o H+Al e os teores disponíveis de P, Fe, Mn, Cu e Zn. Nas folhas analisaram-se N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn. Realizou-se a coleta da biomassa seca das coberturas e dos grãos da soja. As formas de correção total inicial e parcelada anual não influenciam o rendimento da soja. A *B. brizantha* produz a maior biomassa seca, sob a qual ocorre o maior rendimento de soja. O potássio é o nutriente de maior acúmulo foliar na *B. brizantha* e *B. ruziziensis*. A elevação das doses de KCl não tem influência sobre o rendimento da soja. O rendimento de grãos de soja é mais afetado pelo tipo de cobertura do solo do que pela forma de correção e dose de potássio.

Palavras-chave: Integração lavoura-pecuária, *Brachiaria*, calagem, doses de potássio, plantas de cobertura.

¹ Orientador: Dr. Hamilton Seron Pereira – UFU.
Co-orientadores: Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro – UFG/Jataí.
Dr. Vinícius de Melo Benites – Embrapa Solos.

ABSTRACT

CAETANO, J. O. **Soil correction and crop rotation systems on nutrient uptake and yield of soybean.** 2011. 96f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Soil and Water)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.¹

Crop rotation and the increase in straw on the soil are among the main requirements for the implementation and maintenance of no-tillage in the Cerrado. The use of integrated crop and livestock production, coupled with the introduction of *Brachiaria* in agricultural areas has helped to maintain this coverage and increased amounts of plant species as alternatives to rotation. Thus, there is a need to evaluate these cover crops and forms of fertility management which are widely used by farmers in Brazil. The aim was to evaluate the effect of two forms of soil correction, four types of soil cover and four levels of KCl on production and nutrient content of aerial part dry biomass of soil cover types, the yield and content soybean leaf nutrient and chemical attributes of an Oxisol. The experimental was arranged in a randomized block design, with four replications, the field was laid out in 2x4x4 and arranged in strip-split plot design. Was evaluated the forms of soil correction initial total and annual installment (main plot), the types of soil cover *Brachiaria brizantha*, *B. ruziziensis*, sorghum crop residues and spontaneous vegetation (subplots) and the levels of KCl correspondents to 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ of K₂O (subsubplots). On the soil, for the depths 0-20 cm and 20-40 cm analyzed the pH CaCl₂, organic matter, exchangeable Ca, Mg, K and Al, H+Al and the contents of available P, Fe, Mn, Cu and Zn. In the leaves were determined N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn. Was collected dry biomass of soil cover and estimated soybean yield. The forms of soil correction initial total and annual installment not influence soybean yield. *B. brizantha* produces highest biomass, which occurs in the highest soybean yield. Potassium is the nutrient of greatest accumulation in leaf of *B. brizantha* and *B. ruziziensis*. The increasing levels of KCl do not affect the soybean yield. The soybean yield is more affected by the kind of cover crops than by the form of correction and levels of potassium.

Keywords: Crop-livestock integration, *Brachiaria*, liming, cover crops, levels of potassium.

¹ Adviser: Dr. Hamilton Seron Pereira – UFU.
Co-advisers: Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro – UFG/Jataí.
Dr. Vinícius de Melo Benites – Embrapa Solos.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa uma área de 204,7 milhões de ha (IBGE, 2004), sendo 136,0 milhões de hectares propícios para a exploração agropecuária. As duas classes mais representativas de uso da terra, isto é, as pastagens cultivadas e as culturas agrícolas, ocupam 26,5% e 10,5% do Cerrado, respectivamente (Sano et al., 2008). O Estado de Goiás, localizado na região Centro-Oeste do país, ocupa uma área de 34,0 milhões de hectares (Seplan, 2010). A microrregião do Sudoeste de Goiás está dividida em vinte e seis municípios, compreendendo uma área total de 6,1 milhões de ha, representando 18% do Estado (Sepin, 2007).

A ocupação dos solos do Sudoeste do Estado de Goiás foi realizada de forma semelhante às demais áreas do Cerrado. Segundo Aidar & Kluthcouski (2003) até a década de 60, o Cerrado era cultivado com arroz de sequeiro, feijão, milho, mandioca e pastagem nativa. Nos primeiros anos da década de 1970, a introdução da *Brachiaria* sp. proporcionou melhorias na pecuária, sendo comum o plantio do arroz de sequeiro, cultivado após o desmatamento por um a três anos, implantando-se as pastagens de *Brachiaria* sp. logo em seguida. Em meados dos anos 1970 a falta de alimentos obrigou o mundo e, conseqüentemente, o Brasil a um aumento da produção. Por esse motivo nessa época, além dos cultivos tradicionais, iniciou-se a produção e ampliação de áreas de cultivo com grãos potencialmente exportáveis no Cerrado, principalmente a soja.

Com a incorporação de novas tecnologias, que tornaram possível a exploração dos solos do Cerrado, as melhores áreas de pastagens dessa região foram convertidas em lavouras de soja. Essa cultura foi implantada principalmente em Latossolos, de textura argilosa a média, pois eram mais favoráveis ao plantio e desenvolvimento da cultura. Até a década de 80 essas áreas foram cultivadas principalmente sob plantio convencional, que ocasionaram a degradação no solo. A partir dessa época passou-se a utilizar o sistema plantio direto, que apesar de causar menor degradação, a sua inadequada utilização, como a ausência de rotação de culturas e baixa produção de cobertura vegetal sobre o solo, ainda apresentou danos ambientais e econômicos. Além disso, devido a razões econômicas e/ou agrônômicas, a exploração isolada da lavoura ou da pecuária no Cerrado tem apresentado

sinais de insustentabilidade, com reflexos negativos nos parâmetros sociais e ambientais (Kluthcouski et al., 2003; Fernandes et al., 2007). Atualmente, buscam-se opções que viabilizem uma agropecuária sustentável, preservando os solos, reduzindo os custos de cultivo, elevando a produtividade, protegendo os recursos naturais e garantindo boa qualidade de vida e viabilidade econômica das áreas produtivas.

Nesse sentido, a integração lavoura-pecuária (ILP) tornou-se uma das melhores alternativas, juntamente com o uso do sistema plantio direto (SPD), para maior eficiência em preservar os recursos naturais e explorar racionalmente os solos, reduzindo a expansão da fronteira agrícola (Kluthcouski et al., 2007). O sucesso desses sistemas deve-se ao fato de que a biomassa seca, acumulada pelas plantas de cobertura, pastagens e restos culturais de lavouras proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção dos atributos químicos e físicos do solo. A ILP tem sido utilizada com frequência pelos produtores no Cerrado, aliado ao uso de diferentes culturas, plantas de cobertura e formas de fertilização e correção do solo. Porém, é necessário avaliar se esses manejos de solo trazem maior sustentabilidade agrícola para a região. Ocasionalmente pela falta de informação ou de conhecimento científico, algumas falhas estão sendo identificadas entre os produtores que adotam essas práticas, como a escolha incorreta da espécie forrageira, uso inadequado de calcário e de fertilizantes e a baixa produção de palhada.

Dentre as plantas de cobertura do solo que vem sendo testadas, as braquiárias têm sido consideradas as melhores forrageiras para o Cerrado, suportando bem a seca no período outono-inverno, além de permitir um bom pastejo (Kluthcouski et al., 2003). Entretanto, são necessários maiores estudos sobre o uso dessas forrageiras em ILP no Cerrado, principalmente sobre a sua influência sobre os cultivos subsequentes.

A calagem é reconhecida como prática eficiente na produção das culturas nos solos ácidos do Cerrado, mas poucos são os dados de pesquisa no uso de calagem em sistema de rotação das culturas anuais (Fageria, 2001). Uma das práticas de manejo mais utilizadas, para a correção de acidez de solos, sob produção de grãos em SPD no Brasil, é a correção parcelada anual, com uso de calcário em superfície, sem incorporação (Oliveira & Pavan, 1996; Amaral & Anghinoni, 2001; Caires et al., 2001; Fidalski & Tormena, 2005). Apesar de alguns resultados promissores, tem sido utilizada em menor escala a correção total inicial, com incorporação de calcário, em áreas com SPD com sinais de degradação (Moreira et al., 2001; Prado, 2003; Alleoni et al., 2005). O seu menor uso se deve, principalmente, para evitar o revolvimento do solo, além dos maiores gastos ocasionados pela incorporação do calcário. Existem diversos estudos de comparações entre essas duas

formas de aplicação de calcário (Pinkerton & Simpson, 1986; Ciotta et al., 2002; Prado & Roque, 2002; Caires et al., 2003; Tang et al., 2003). Porém, com a maior utilização da ILP e a introdução de novas plantas de cobertura, como as braquiárias, ocorre a necessidade de verificar como essas formas de aplicação de calcário, aliado ao uso desses manejos, influenciam na produtividade das culturas.

No início da introdução do cultivo de grãos no Cerrado houve diversos estudos de resposta à adubação potássica na soja e no milho, que ocorreram na condição de plantio convencional (Ritchey et al., 1979; Sousa et al., 1979; Sousa, 1984). Portanto, atualmente com o uso do SPD e ILP, ocorre a necessidade da verificação das respostas do potássio sob efeito desses manejos com maior aporte de palha. As coberturas vegetais, formas de fertilização e calagem podem alterar a resposta das culturas ao potássio. Alguns estudos têm sido realizados com reciclagem de potássio por plantas de cobertura, disponibilizando esse nutriente à soja e ao milho (Borkert et al., 1997; Foloni & Rosolem, 2004; Rossato, 2004), indicando a necessidade da avaliação do potássio em condições de ILP.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o rendimento e o acúmulo de nutrientes da parte aérea da biomassa seca produzida por quatro tipos de cobertura vegetal, sob duas formas de correção do solo e quatro doses de potássio, e seus efeitos sobre os atributos químicos do solo e sobre o rendimento e o acúmulo de nutrientes foliares da soja em sistema plantio direto como cultura sucessora.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO

O preparo do solo é a prática agrícola que objetiva otimizar todas as condições para germinação das sementes e desenvolvimento das plantas, por intermédio da mobilização física, química e biológica do solo (Jorge et al., 2003). O preparo conservacionista do solo, representado principalmente pelo sistema plantio direto e cultivo mínimo, caracteriza-se pela ausência quase que completa de revolvimento e pelo preparo parcial do solo, respectivamente (Leite et al., 2004). Assim, enquanto o plantio convencional consiste no máximo revolvimento do solo, utilizando-se da aração, seguida por duas gradagens ou o uso intenso de grades pesadas como implemento do preparo primário, o cultivo mínimo é aquele em que as operações de revolvimento são reduzidas em relação ao plantio convencional, tendo-se, como exemplo, a escarificação, a título de preparo primário, seguido por uma gradagem niveladora (Medeiros, 1995). No cultivo mínimo permanecem, na superfície do solo, resíduos da cultura anterior protegendo o mesmo do impacto direto da gota de chuva.

A exploração agrícola do Cerrado, fundamentada no uso intensivo dos recursos produtivos, está aos poucos abandonando esse modelo produtivo frágil, baseado no plantio convencional, para produzir de forma sustentável. A adoção de sistemas de manejo do solo, considerados conservacionistas, têm se apresentado como uma boa alternativa para assegurar a sustentabilidade econômica e ambiental (Silva et al., 2000; Macedo & Zimmer, 2007). Os sistemas de preparo convencional promovem um intenso revolvimento do solo na camada superficial, favorecendo a decomposição da matéria orgânica (Figueiredo et al., 2007), desagregação do solo, acelerando o processo de erosão, diminuição da retenção e armazenamento de água, entre outros prejuízos (Bertol et al., 2001). Atualmente, esse sistema tem sua maior utilização em abertura de novas áreas e na recuperação de solos degradados, indicando uma maior conscientização dos produtores agrícolas dessa região.

Em contraposição ao plantio convencional, a semeadura direta é a semeadura de uma cultura sem preparo do solo e com a presença de resíduos vegetais (Centurion et

al., 1985; Salton et al., 1998). Essa forma de manejo normalmente envolve a presença da palha de cultura anterior, sobre a superfície do solo, mas não considera a existência de sistemas de rotação de culturas. Plantio direto é a semeadura de culturas sem preparo do solo e com a presença de cobertura morta ou palha, constituída dos restos vegetais originados de cultura anterior conduzida especificamente para produzir palha e às vezes também para grãos (Salton et al., 1998; Assis, 2002). Geralmente o plantio direto tem sido aplicado no cultivo de sucessões, como: soja/milho safrinha, por vários anos seguidos, não se utilizando, portanto, de sistema organizado de rotação de culturas. Finalmente, sistema plantio direto é a forma de manejo conservacionista que consiste na semeadura direta, com o revolvimento do solo apenas no sulco de semeadura, em sua cobertura permanente por plantas em desenvolvimento e/ou por resíduos vegetais (palhada) e na rotação de culturas (APDC, 2003; Embrapa, 2006b). Apesar dos diversos relatos das áreas de adoção da semeadura direta na região do Cerrado, as estimativas não são totalmente aceitas, pois os dados disponíveis incluem, com frequência, áreas em que se adotam semeadura direta ou plantio direto sem rotação de culturas (Salton, 2005).

Mesmo com esses possíveis erros das estimativas, foram registrados aproximadamente 105,0 milhões de hectares sob plantio direto no mundo (Derpsch & Friedrich, 2009), sendo nos Estados Unidos 26,3 milhões (CTIC, 2011) e no Brasil 25,5 milhões (FEBRAPDP, 2011). Segundo Saturnino & Landers (1997), a palhada representa a essência do plantio direto e apresenta efeito importante como a redução das perdas de solo e água causadas pela erosão, diminuição do impacto da chuva, protegendo o solo da compactação e desagregação, aumento da capacidade de infiltração de água no solo, manutenção da temperatura do solo, favorecendo os processos biológicos e a vida no solo, redução da evaporação de água do solo, mantendo sua umidade, ação como reciclador de nutrientes, assegurando alta atividade biológica, aumento da matéria orgânica do solo (MOS), melhorando a CTC e a sua estrutura física e no controle de plantas daninhas, por supressão ou alelopatia.

A sucessão de culturas é largamente utilizada no Cerrado, com pouca adoção da rotação de culturas. A sucessão de culturas é a sequência repetitiva de duas ou mais espécies vegetais sobre a mesma área no mesmo ano agrícola, enquanto a rotação de culturas é a alternância de diferentes espécies vegetais sobre a mesma área em anos agrícolas diferentes, compreendendo assim um plano plurianual de exploração (Landers, 2005; Landers, 2007). A rotação de culturas é composta de duas ou mais sucessões de culturas e na rotação obrigatoriamente deverá ter uma cultura diferente na mesma época do

ano seguinte.

Com a organização sequencial das espécies em épocas adequadas num programa de rotação pode-se quebrar o ciclo de pragas, plantas daninhas ou doenças, diminuindo prejuízos eventuais, próprios do monocultivo. Além disso, as diversificações de plantas com diferentes sistemas radiculares capazes de explorar diferentes profundidades do solo, com avidéz nutricional e potencial de reciclagem diferenciado, proporcionam melhor equilíbrio dos nutrientes e incremento na qualidade e na atividade biológica do solo. Por meio da reciclagem, a rotação permite ainda que os resíduos de determinado cultivo que permanecem no solo beneficiem o desenvolvimento e rendimento de cultivos posteriores, como o milho ou braquiária antes de soja ou a soja antes de milho. Se, por um lado, a intensificação dos sistemas de produção é necessária para aumentar a produção de alimentos, por outro, a rotação de culturas traz mais sustentabilidade ao uso da terra. A integração lavoura-pecuária é uma forma interessante de fazer essa rotação porque nela não se muda apenas a espécie cultivada, mas também o sistema de exploração (Wander et al., 2010).

2.2 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Apesar da melhoria no manejo do solo com a adoção de sistemas com menor movimentação do solo, em comparação ao sistema convencional, a grande maioria dos produtores ainda não conseguiu incorporar todos os preceitos do sistema plantio direto (rotação de culturas, movimentação somente na linha de cultivo e manutenção constante de palhada sobre a superfície). Mesmo com o conhecimento acumulado por cerca de trinta anos pelos técnicos e produtores rurais desde o início da sua introdução no Cerrado, são cometidos erros básicos no manejo do solo e que causam a sua insustentabilidade. Esses erros muito se assemelham àqueles cometidos quando do uso sistemático do plantio convencional, como erosão do solo e ausência de cobertura do solo. O uso da integração lavoura-pecuária pode auxiliar na correção desses problemas, principalmente pela manutenção da palhada com a utilização de braquiárias.

Segundo Macedo & Zimmer (2007), a integração lavoura-pecuária é um sistema produtivo de grãos, fibras, carne, leite e lã, na mesma área, em plantio simultâneo, sequencial ou rotacionado, onde se objetiva maximizar a utilização dos ciclos biológicos das plantas, animais, e seus respectivos resíduos. Esses autores citam que esse sistema aproveita os efeitos residuais de corretivos e fertilizantes, minimizando e otimizando a

utilização de agroquímicos, aumentando a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mão de obra, gerando emprego e renda, melhorando as condições sociais no meio rural e diminuindo impactos ao meio ambiente, visando à sustentabilidade.

A integração lavoura-pecuária não é uma tecnologia recente, pois a formação das pastagens após a abertura do Cerrado foi, normalmente, precedida de culturas anuais. Porém, recente foi a combinação do sistema plantio direto com integração e, principalmente, com a sucessão entre lavoura e pastagem, alavancando esse sistema de produção de forma sustentável. Com os novos conhecimentos sobre fertilidade do solo e controle de plantas daninhas, tornou-se possível a semeadura de culturas, como soja e milho, sobre pastagens dessecadas, sem preparo de solo. Isso ajudou a viabilizar o uso do sistema plantio direto nos trópicos, na medida em que a pastagem contribuiu com palha, que, além de manter o solo coberto, permite que ocorra acréscimo no teor de matéria orgânica do solo.

Existem duas situações para se implantar um sistema de integração lavoura-pecuária, para a mudança no manejo do solo, assim a área ou a vegetação não está degradada e a integração visa o uso racional da terra ou para a recuperação de áreas degradadas, nesse caso, a vegetação e/ou o solo está degradado e busca-se por intermédio da integração reduzir os custos de recuperação dessas áreas (Souza, 2007). As alternativas de integração lavoura-pecuária disponibilizadas para os produtores rurais são o consórcio, a rotação e a sucessão de culturas anuais com forrageiras (Kluthcouski & Yokoyama, 2003). Quanto aos consórcios, os sistemas Barreirão e Santa Fé tornaram-se as melhores alternativas da integração lavoura-pecuária. A rotação pecuária-lavoura consiste no uso da pastagem por um período, geralmente dois a três anos, com o retorno para a agricultura logo após esse tempo, e assim sucessivamente (Salton et al., 1998). A sucessão lavoura anual-forrageira anual consiste no uso alternado dessas modalidades de utilização do solo.

No sistema integração lavoura-pecuária, a semeadura pode ser realizada diretamente sobre a pastagem dessecada, onde realiza-se o consórcio de culturas anuais, graníferas ou forrageiras, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, em áreas agrícolas com solo parcial ou totalmente corrigido (Oliveira, 2002a). Esse autor relata ainda que esse sistema minimiza a competição precoce da forrageira, evita a queda no rendimento das culturas anuais e permite, após a colheita do grão, uma produção de forragem considerável e de boa qualidade no período de maior carência de alimentos para os animais proporcionando maior eficiência de conversão do capim em carne.

A gestão de fazendas, baseada no sistema de integração de lavouras produtoras

de grãos com a pecuária, tem apresentado excelente potencial de crescimento, devido aos ganhos para as duas atividades. Ocorrem desde aumentos substanciais na produção e qualidade das forragens, até a melhoria no sistema de produção agrícola. Os benefícios da integração lavoura-pecuária são mútuos para a lavoura e para a pastagem, pois o sistema plantio direto pode viabilizar-se pela palha que a pastagem bem manejada proporciona ao sistema, em regiões onde o cultivo de espécies anuais para a formação de palha é difícil, enquanto a pastagem proporciona à lavoura um solo melhor estruturado em função de seu sistema radicular abundante e o resíduo de material orgânico deixado na superfície que se transformam em matéria orgânica com o tempo devido à mineralização (Salton et al., 1998).

Essa cobertura mantém o solo protegido da ação cinética das gotas da chuva e da incidência solar. Por sua vez, uma lavoura, principalmente de leguminosas, tem condições de incorporar ao solo o nitrogênio existente no ar beneficiando, com isso, as pastagens subsequentes. Entretanto, para que a integração lavoura-pecuária tenha êxito se faz necessário que agricultura e pecuária sejam conduzidas com um bom suporte técnico, objetivando elevados resultados econômicos (Salton et al., 2001). Apesar dos vários estudos conduzidos, principalmente pela Embrapa Arroz e Feijão, pouco foi estudado desse sistema em locais onde há possibilidade de safrinha, o que gerou essa demanda de conhecimento pelos agricultores da região do Sudoeste Goiano.

O grande desafio dos sistemas agrícolas de produção, principalmente no Cerrado, é a manutenção da sua sustentabilidade ao longo do tempo. Isso só ocorrerá se o sistema for tecnicamente eficiente; economicamente viável e ambientalmente correto (Cobucci et al., 2007). O sistema de ILP, sendo analisado e validado há mais de uma década em diferentes locais, tem-se mostrado sustentável, pois atende a esses requisitos. Isso ocorre principalmente porque preconiza a utilização dos princípios do manejo e conservação do solo e da água; a utilização do sistema plantio direto; o sinergismo entre as atividades agrícola e pecuária e na otimização do uso da terra na propriedade rural ao longo do ano agrícola, fato que reduz a pressão sobre abertura de novas áreas.

2.3 COBERTURA VEGETAL DO SOLO

O requisito principal para a implantação do sistema plantio direto é a formação de palha sob o solo. A formação e manutenção da cobertura morta em regiões tropicais foi um dos principais impedimentos encontrados para que se estabelecesse o sistema plantio

direto, principalmente no Cerrado. Isso ocorreu devido às altas temperaturas e umidade da região (Oliveira et al., 2002b; Rossi, 2009) que proporcionam uma rápida decomposição dos resíduos vegetais (Landers, 1995; Kluthcouski et al., 2003; Landers, 2007), com taxas entre cinco até dez vezes superiores às regiões temperadas (Sanchez & Logan, 1992; Lal & Logan, 1995). Estudos conduzidos com oito espécies de cobertura do solo no Sudoeste Goiano, entre elas milheto e aveia, demonstraram a elevada taxa de decomposição, sendo verificado que em torno de 70 dias ocorre a decomposição de metade da biomassa adicionada ao solo (Carneiro et al., 2008). A decomposição acelerada da matéria orgânica nos solos tropicais leva à necessidade do seu contínuo aporte para manter a estrutura do solo em condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, sendo de fundamental importância estudos que visam incluir culturas de rotação e de cobertura vegetal, com objetivo de melhorar os atributos do solo (Beutler et al., 2001). Dessa forma, a adoção da ILP, protegendo o solo e fornecendo contínuo aporte de resíduos orgânicos, é fundamental para a manutenção da biota do solo e serve como aliado contra os seus processos de degradação.

Apesar dos constantes trabalhos desenvolvidos visando o desenvolvimento de espécies vegetais para fornecimento de palhada no Brasil Central, ocorre atualmente dificuldade na escolha das espécies que sejam grandes produtoras de biomassa, boa adaptação à região, mantenham a cobertura morta por maior período e que apresentem viabilidade econômica na sua utilização (Cobucci et al., 2007). Várias culturas têm sido testadas para cobertura de solo, rotação e pastejo no outono-inverno, e entre as mais promissoras estão o milho, milheto, o sorgo e as gramíneas forrageiras tropicais (Carvalho et al., 2004; Crusciol & Borghi, 2007; Gazola, 2008; Menezes et al., 2009; Rossi, 2009), consorciadas ou não, sobretudo a *Brachiaria* sp. (Macedo & Zimmer, 2007). Estas forrageiras têm produzido, quando bem manejadas no Cerrado, acima de 15,0 Mg ha⁻¹ de biomassa seca, persistindo por mais de 100 dias na superfície do solo (Cobucci et al., 2007). Observou-se que o principal sistema de produção de palha e grãos na safrinha da região do Cerrado tem sido o consórcio de milho com *B. ruziziensis* (Ceccon, 2007). O motivo do maior uso dessa espécie, além de sua produção de palha, tem sido sua maior susceptibilidade ao glifosato na dessecação e a sua baixa formação de touceiras grandes, em relação a outras braquiárias, como por exemplo, a *B. brizantha*.

As braquiárias apresentam um abundante sistema radicular proporcionando melhorias na estrutura do solo e favorecendo o sistema de produção (Salton et al., 2001). Menezes (2002) avaliando a produção de biomassa de plantas de cobertura como o feijão-

de-porco, aveia-preta, mucuna-preta, milheto, crotalária e braquiária, constatou que a braquiária testada apresentou maior potencial para a cobertura do solo em SPD, devido à sua longevidade e plena adaptação à região do Cerrado. As gramíneas apresentam-se mais propícias para a cobertura do solo em relação às leguminosas, quando o objetivo é a formação de palha, devido entre outros aspectos, ao desenvolvimento inicial mais rápido, o que se associa a uma melhor adaptação a qualquer condição edafoclimática adversa encontrada nessa região (Gomes et al., 1997). Aliado a esse fato verificou-se que grande parte da área do Cerrado, cerca de 54 milhões de hectares (Sano et al., 2008), é ocupada com pastagem cultivada, e as braquiárias são as predominantes (Silveira et al., 2005a), confirmando a sua grande adaptação e utilização na região.

No Cerrado, com a introdução do milheto e do sorgo como culturas de cobertura, houve um incremento significativo da expansão do plantio direto na palha (Silveira et al., 2005a; Cobucci et al., 2007). Essas culturas proporcionam uma palhada mais duradoura na superfície do solo e, devido a um sistema radicular mais agressivo, podem explorar amplo perfil do solo, extraíndo e reciclando grandes quantidades de nutrientes não absorvidos pelas culturas principais, cultivadas no verão (Altmann, 2001; Salton, 2005). Recentemente, o uso de espécies forrageiras, como a *Brachiaria* sp., para a formação de palha, devido às vantagens relatadas, vêm despertando o interesse de agricultores e pesquisadores (Timossi et al., 2007).

Existem diversos estudos que procuram verificar se as plantas de cobertura de inverno influenciaram o rendimento da soja no verão (Santos & Lhamby, 2001; Oliveira & Benez, 2002; Guimarães et al., 2003; Reddy, 2003; Carvalho et al., 2004; Vieira, 2004; Lopes, 2008; Lunardi et al., 2008). Tem sido testado também o efeito do cultivo dessa leguminosa após *B. brizantha* (Broch et al., 1997; Altmann, 2002; Narimatsu, 2004; Chioderoli, 2010) e após *B. ruziziensis* (Barbero et al., 2007; Chioderoli, 2010). Alguns trabalhos tem verificado a superioridade do rendimento de soja após essas gramíneas, o que pode ser explicado pela maior absorção de nutrientes das camadas subsuperficiais do solo que são liberados na camada superficial (Bernardes et al., 2010), pelo maior desenvolvimento do seu sistema radicular que consegue absorver esses nutrientes (Franchini et al., 2009) e pela maior reciclagem de nutrientes que é fornecido para a cultura subsequente (Magalhães et al., 2002; Braz et al., 2004; Mateus, 2007; Pacheco et al., 2008).

2.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

O cultivo conservacionista do solo, por meio da manutenção ou recuperação dos teores iniciais da MOS, visa a um processo produtivo sustentável. Isso ocorre de acordo com o tipo, quantidade e qualidade do material adicionado à superfície, com a sequência de culturas adotadas e com a forma de cultivar o solo e o tempo de adoção dessas práticas (Mengel, 1996). Os materiais adicionados, provenientes das culturas, liberam carbono, nitrogênio e outros componentes durante o processo de decomposição. Desses, parte retorna à atmosfera na forma de gás, outra parte é imobilizada pelos microrganismos decompositores, pequena parte permanece na forma prontamente disponível para as plantas e o restante é perdido por lixiviação ou direcionado à produção de substâncias húmicas (Stevenson, 1994).

O equilíbrio na distribuição da MOS é mantido quando se adotam técnicas conservacionistas que levam em consideração o balanceamento entre as taxas de adição e decomposição dos resíduos. Dessa forma, as práticas de manejo controlam em conjunto com os fatores ambientais a dinâmica da MOS, alterando sua síntese e decomposição, principalmente na região do Cerrado, onde as altas temperaturas e a umidade podem contribuir para um declínio mais acentuado da MOS (Assis, 2004).

O solo retém, na forma de MOS, aproximadamente, de duas a três vezes mais carbono que a vegetação terrestre e duas vezes mais que a atmosfera (Stevenson, 1994; Bernoux et al., 2006). A manutenção do carbono orgânico total do solo assume grande importância no ciclo global de carbono, especialmente por sua natureza lábil. Além disso, um manejo do solo que resulte em aumento no carbono orgânico total do solo pode contribuir para a redução das emissões de CO₂, principal gás causador do efeito estufa, transferindo carbono do CO₂ atmosférico às formas mais estáveis de carbono orgânico total (Cerri et al., 2005). A adoção de boas práticas de manejo, como a ILP podem parcialmente reverter o processo de exploração intensiva dos solos, uma vez que objetiva o aumento das entradas de material orgânico no solo e/ou diminuição das taxas de decomposição da MOS (Cerri et al., 1992).

O SPD não recupera os atributos químicos do solo, que nos trópicos tem baixa presença de bases ou são deteriorados por manejo inadequado (Silveira et al., 2005b). Solos lixiviados, com baixa saturação por bases e ácidos, presentes em grande parte do Cerrado, necessitam de correção antes do estabelecimento do SPD (Kluthcouski, 1998). Entretanto, a manutenção de restos culturais na superfície do solo promove alterações nos

atributos químicos com reflexo direto na fertilidade do solo (Silveira et al., 2005b). Os efeitos são marcantes devido à redução do processo erosivo (Bernoux et al., 2006), permitindo maior disponibilidade de nutrientes às plantas na superfície do solo (Muzilli, 1983; Oliveira et al., 2004).

Apesar de não ser necessária a aplicação de nitrogênio na cultura da soja, devido a fixação biológica, é de grande importância propiciar condições favoráveis para sua maior fixação pela leguminosa, como a correção de pH (Sousa et al., 1985), sendo necessária a aplicação do calcário. Além disso, em um sistema de ILP, o residual de nitrogênio que permanecer nas palhadas das plantas poderá ser utilizado pelos cultivos subsequentes. Uma pesquisa recente demonstrou que a *Brachiaria humidicola* inibe a nitrificação pela substância brachialactone (Subbarao et al., 2009), portanto indicando que o uso das braquiárias pode auxiliar nas reduções das perdas de nitrogênio sob ILP.

A disponibilidade de P nos solos de Cerrado em condições naturais é baixa, sendo necessária a aplicação de grandes quantidades do elemento para manter sua disponibilidade adequada às plantas cultivadas, tornando-se um dos mais altos investimentos na prática da agricultura comercial (Sousa et al., 2002). No SPD, por causa da localização dos fertilizantes adicionados e das menores perdas por erosão, há maior acumulação deste nutriente na superfície, que pode apresentar teores até dez vezes superiores em relação às camadas subsuperficiais (Muzilli, 1983). Além disso, no SPD, onde o revolvimento do solo ocorre somente na linha de plantio, há menor contato do P aplicado com os sítios de adsorção do solo, aumentando a sua disponibilidade (Rheinheimer et al., 1998; Mielniczuk, 2004).

Em relação aos micronutrientes, Galvão (2002) cita que cobre e zinco são naturalmente deficientes nos solos do Cerrado, mas após correção por adubação tem prolongado efeito residual. O ferro e o manganês ocorrem naturalmente nos solos de Cerrado, sendo que para o ferro não há sugestão para nível crítico (Kliemann et al., 2003). O aumento do pH do solo pode causar redução na disponibilidade de micronutrientes, com consequente reflexo no teor absorvido (Sousa et al., 1993; Pauletti, 1998). Entretanto, com a adição das doses de calcário recomendadas pela pesquisa, o pH deve ficar entre 5,5 e 6,0, ou a saturação por bases entre 35% e 50 %, parece não haver problemas de disponibilidade (Sousa et al., 1993).

No SPD ocorre acumulação de nutrientes na camada superficial do solo (Muzilli, 1983; Centurion et al., 1985; Rheinheimer et al., 1998) pela contínua aplicação de fertilizantes numa pequena profundidade, aliada à deposição superficial dos resíduos

culturais (Rheinheimer & Kaminski, 1996), que ali permanecem pelo não revolvimento do solo (Tognon et al., 1997). O N e C, na sua maior proporção, fazem parte da MOS (Kliemann & Malavolta, 1993) e esses também têm sua quantidade aumentada com o SPD ao longo dos anos (Buso & Kliemann, 2003; D'andréa et al., 2004).

Após a correção dos atributos químicos do solo e com o emprego do SPD, incluindo gramíneas e leguminosas com alta produção vegetativa em rotação de culturas, ocorre elevação dos estoques de MOS (Buso & Kliemann, 2003; Mielniczuk, 2004). A calagem dessas áreas, além de elevar o pH do solo, aumenta a CTC (Mielniczuk, 2004), auxiliada pelo maior nível de MOS (Silva et al., 1994). Geralmente, o aumento da CTC reflete-se na maior retenção de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} e no aumento da saturação por bases, especialmente nas camadas superficiais onde se concentra a maior quantidade de MOS (Mielniczuk, 2004). As reposições constantes de nutrientes são beneficiadas por essa elevação da CTC e MOS, pois elevam a quantidade de bases que são retidas no solo. A sustentabilidade em solos do Cerrado depende de um aumento gradativo dos teores de MOS, que pode ser obtido com a utilização de constante cobertura vegetativa do solo. Como a MOS tem grande influência na melhoria dos atributos químicos, esses sofrem aumentos proporcionais à sua elevação.

Partindo-se do pressuposto de que a reciclagem dos nutrientes é otimizada em sistema de ILP, quando esse é associado com o SPD e a rotação de culturas, então a fertilidade do solo pode ser melhorada com o tempo como verificado por Cerri et al. (1992) em solos sob pastagem da Amazônia.

2.5 CALAGEM

Os solos dominantes da região do Cerrado, notadamente os Latossolos, são de modo geral, de textura argilosa, ácidos, altamente intemperizados, pobres em nutrientes (Sousa & Lobato, 2007) e altamente dependentes da MOS (Adámoli et al., 1987). A introdução de culturas comerciais, no sistema de produção dessa região, requer algumas melhorias nos atributos químicos desses solos (Sousa et al., 1993). Além do excesso de acidez, a alta toxidez de Al^{+3} e os baixos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} são características da maioria dos solos sob vegetação de Cerrado. A correção da acidez se faz necessária para se obter melhores produtividades das culturas e menores perdas de nutrientes (Sousa et al., 1985), pois as plantas têm boas condições de assimilação de nutrientes tais como fósforo, potássio e nitrogênio no intervalo de pH de 5,5 a 6,0 (Sousa et al., 1993).

A acidificação do solo é um processo natural que pode ser acelerado ou intensificado em sistemas agrícolas, principalmente pela aplicação de fertilizantes de reação ácida. Dentre os sistemas de preparo, pode ocorrer uma diferenciação na intensidade e na localização da acidez no perfil de acordo com o revolvimento, ou não, do solo (Oliveira & Pavan, 1996). No plantio direto, os fertilizantes são aplicados na linha de semeadura e/ou na superfície do solo, sendo que a dissolução dos fertilizantes fosfatados e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos podem contribuir para a acidificação da camada superficial do solo (Ciotta et al., 2002). Por outro lado, conforme esses autores, o revolvimento do solo com aração e gradagens no preparo convencional dilui a acidez originada pelos fertilizantes em toda a camada arável.

Em SPD, os produtores, normalmente, evitam a movimentação do solo para preservar a estrutura do solo, como a continuidade de macroporos (Pierce et al., 1994), agregação (Silva & Mielniczuk, 1998), proteção física da matéria orgânica (Bayer et al., 2000), além de eliminarem o uso de arações e gradagens para reduzir custos (Ciotta et al., 2004). Nesses casos, o calcário é aplicado sobre a superfície do solo, sem incorporação. A ausência de incorporação do calcário diminui a superfície de contato entre as partículas de solo e as do corretivo, retardando os efeitos da calagem e restringindo as reações aos centímetros superficiais do solo (Cassol, 1995). Por outro lado, em plantio direto, a acidificação é mais intensa na superfície do solo (Ciotta et al., 2002). Sendo assim, a aplicação superficial de calcário, ao promover a formação de uma frente de alcalinização descendente a partir da superfície, minimiza a acidificação onde esta é mais intensa (Amaral, 1998).

A correção do subsolo pode trazer grandes benefícios aos cultivos no Cerrado, principalmente em locais sujeitos aos veranicos, já que auxiliam no aprofundamento do sistema radicular das culturas (Caires et al., 2003). Os trabalhos sobre a correção da acidez do solo em subsuperfície têm mostrado resultados contraditórios, quando o calcário é aplicado superficialmente. Alguns trabalhos revelam que o calcário não se movimenta para camadas mais profundas do solo (Ritchey et al., 1980; Pavan et al., 1984; Rheinheimer et al., 2000; Amaral & Anghinoni, 2001), enquanto outros mostraram consideráveis aumentos no pH abaixo da região de aplicação do calcário, em áreas de cultivos anuais manejadas no SPD (Oliveira & Pavan, 1996; Caires et al., 2000), e de cultivos perenes estabelecidos (Pavan, 1994).

A ação do calcário na neutralização da acidez de subsolos é dificultada pelo aumento da retenção de cátions em decorrência da geração de cargas elétricas variáveis

negativas com a elevação do pH do solo (Caires et al., 2003). Segundo Caires et al. (2003) os ânions resultantes da dissolução do calcário, responsáveis pela correção da acidez, são também consumidos nas reações com outros cátions ácidos (Al^{3+} , Mn^{2+} e Fe^{2+}) na camada de deposição do calcário. No entanto, o aumento do pH na superfície do solo pode acelerar a velocidade com que o HCO_3^- , acompanhado por Ca e Mg, movimenta-se para o subsolo para reagir com a acidez (Caires et al., 2000). A formação e a migração de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ para as camadas mais profundas do solo constituem a hipótese que melhor justifica a diminuição da acidez no subsolo pela calagem, na superfície ou com incorporação, no sistema plantio direto (Costa, 2000).

Vale destacar que o deslocamento mecânico de partículas de calcário por canais formados por raízes mortas, mantidos intactos em razão da ausência de preparo do solo (Pavan, 1994), e a formação de complexos orgânicos solúveis por meio do manejo de resíduos vegetais (Miyazawa et al., 2002) também podem influenciar a eficiência da calagem na correção da acidez do subsolo. Essa movimentação do calcário pelos canais radiculares e por complexos orgânicos pode assumir maior importância com a introdução da ILP. Isso pode ocorrer porque nesse sistema utiliza-se das braquiárias, gramíneas que apresentam alta produção de biomassa (Cobucci et al., 2007) e de raízes (Salton et al., 2001).

Os resultados tem mostrado que os efeitos benéficos da calagem na correção da acidez do subsolo foram pouco pronunciados e mais evidenciados quando da incorporação do calcário no solo (Caires et al., 2003). Apesar disso, a incorporação do calcário, em maiores profundidades tem apresentado respostas positivas na produção de soja (Oliveira & Pavan, 1996; Prado, 2003), principalmente sob veranico (Dedecek, 1986), e até ausência de resposta (Caires et al., 2003; Narimatsu, 2008). Portanto torna-se necessário maiores avaliações, sob condições de uso de plantas de cobertura, como as braquiárias, para verificar se ocorre influências delas sob a incorporação ou não da calagem.

2.6 ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Dentre os fatores de produção que contribuem para altos rendimentos, os fertilizantes potássicos assumem importância destacada, visto que, depois do nitrogênio, o potássio é o elemento exigido em maior quantidade pelas plantas (Simonete et al., 1998). No entanto, a eficiência média da adubação potássica tem sido relatada entre 55% a 70% (Carvalho et al., 2005), necessitando, portanto de formas de melhoria desse processo.

O potássio presente no solo inclui K da solução, K trocável, K não-trocável e K estrutural (Sparks & Huang, 1985). 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 (Raij, 1991). No entanto, o K não-trocável do solo e o K dos resíduos de plantas podem contribuir significativamente para a nutrição mineral das culturas (Raij et al., 1996).

A manutenção da cobertura dos solos por resíduos vegetais é um dos fatores chave para o sucesso do SPD, afetando a fertilidade do solo e a eficiência de absorção de nutrientes pelas culturas (Garcia et al., 2008). Oliveira et al. (2002a) relataram que os principais fatores a serem considerados na escolha das espécies como plantas de cobertura e adubos verdes são a produção de biomassa seca e sua capacidade para reciclar nutrientes. Gramíneas usadas como plantas de cobertura são eficientes na extração de potássio do solo e na reciclagem em sistemas de rotação de culturas. Garcia et al. (2008) verificou que a *B. brizantha* retomou grandes quantidades de K ao sistema, pois além de extrair K trocável, extraiu K não-trocável do solo. Simonete et al. (1998) observaram que, em média, o azevém extraiu 69% do K adicionado pela adubação, independentemente da quantidade utilizada, e que essa espécie pode extrair K das reservas não-trocáveis.

Em geral, a taxa de mineralização de nutrientes dos resíduos de plantas de cobertura sobre a superfície do solo em SPD é semelhante à taxa de decomposição da matéria orgânica (Garcia et al., 2008). No entanto, o K pode ser quase completamente liberado da palha antes da decomposição do tecido, pois está presente nos órgãos das plantas como um íon e não está ligado a compostos orgânicos (Marschner, 1995). Rosolem et al. (2003) submeteram 8.000 kg ha⁻¹ de biomassa seca de aveia preta, milho, sorgo, crotalária, *Brachiaria decumbens* e triticale à chuva simulada e observaram concentrações consideráveis de K na água percolada com valores variando de 7,0 kg ha⁻¹ a 24,0 kg ha⁻¹, sem aparente decomposição do material vegetal. Em outro experimento, Rosolem et al. (2006) observaram que, após chuva simulada sobre resíduos de milho Pérola e aplicação de fertilizante potássico ao solo, o K no solo aumentou até os 8 cm do perfil do solo, além de sua rápida transformação em formas não-trocáveis.

Segundo Rosolem (1997), o manejo adequado da adubação potássica, no que diz respeito à quantidade de adubo a ser aplicada, é importante do ponto de vista econômico e ambiental, visto que o excesso de adubação pode prejudicar o rendimento das culturas, bem como elevar as perdas por lixiviação. Por outro lado, o uso de subdoses de

fertilizante pode empobrecer o solo cultivado, levando as reservas de K à exaustão com o decorrer dos anos de cultivo. As recomendações preveem, geralmente, a aplicação de fertilizantes potássicos no sulco de semeadura das culturas anuais, embora também possa ser feita a lanço antes ou depois da semeadura das plantas, sem perdas de produtividade.

A energia de ligação dos cátions trocáveis Ca, Mg e K aos colóides do solo depende da valência e do tamanho do íon hidratado, de modo que, em solos bem drenados, as quantidades de K lixiviadas são relativamente maiores do que as dos cátions bivalentes (Raij, 1991). Franchini et al. (1999b) verificaram que Ca e Al foram os principais cátions mobilizados com a aplicação de extratos de plantas ao solo. Isso ocorre porque os ligantes orgânicos têm ligação mais estável com íons de maior valência (Rosolem et al., 2004).

O Ca, Mg e K competem pelos mesmos sítios de absorção devido à inibição competitiva (Malavolta et al., 1997), cujas interações tem sido determinadas a bastante tempo (Omar & El Kobbia, 1966). As interações negativas tem sido relatadas principalmente entre o K e o Mg (Mascarenhas et al., 1988; Rosolem et al., 1992; Scherer, 1998a; Oliveira et al., 2001; Moreira et al., 2005), enquanto esse efeito oposto entre o Ca e o K tem sido relatado como menor frequência que para o Mg (Scherer, 1998a; Oliveira et al., 2001).

Portanto, tanto o parcelamento da adubação potássica como o cultivo de plantas de cobertura para produzir palha no sistema de semeadura direta podem constituir estratégias para minimizar perdas de K por lixiviação sem comprometer a produtividade das culturas no sistema de rotação (Rosolem et al., 2006). Entretanto, não está claro ainda o destino do K que é reciclado da palha deixada na superfície, ou mesmo do adubo aplicado sobre a palha.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi desenvolvido em Rio Verde - GO (17°45'49.13"S e 51°01'57.47"O e altitude de 604 m). O clima da região é do tipo Aw (tropical chuvoso), segundo classificação de Köppen, com presença de invernos secos e verões chuvosos. A média anual de precipitação, pelo período de nove anos, oscilou entre 1.200 a 1.900 mm ano⁻¹ (Menezes & Ferreira Filho, 2010). A precipitação média mensal do período de cultivo desse trabalho está representada na Figura 1. O estudo foi conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico com textura argilosa (Embrapa, 2006a). Previamente à instalação do experimento, fez-se uma coleta de amostras de solo para determinação dos atributos químicos e texturais, das camadas de 0-20 cm e 20-40 cm (Tabela 1).

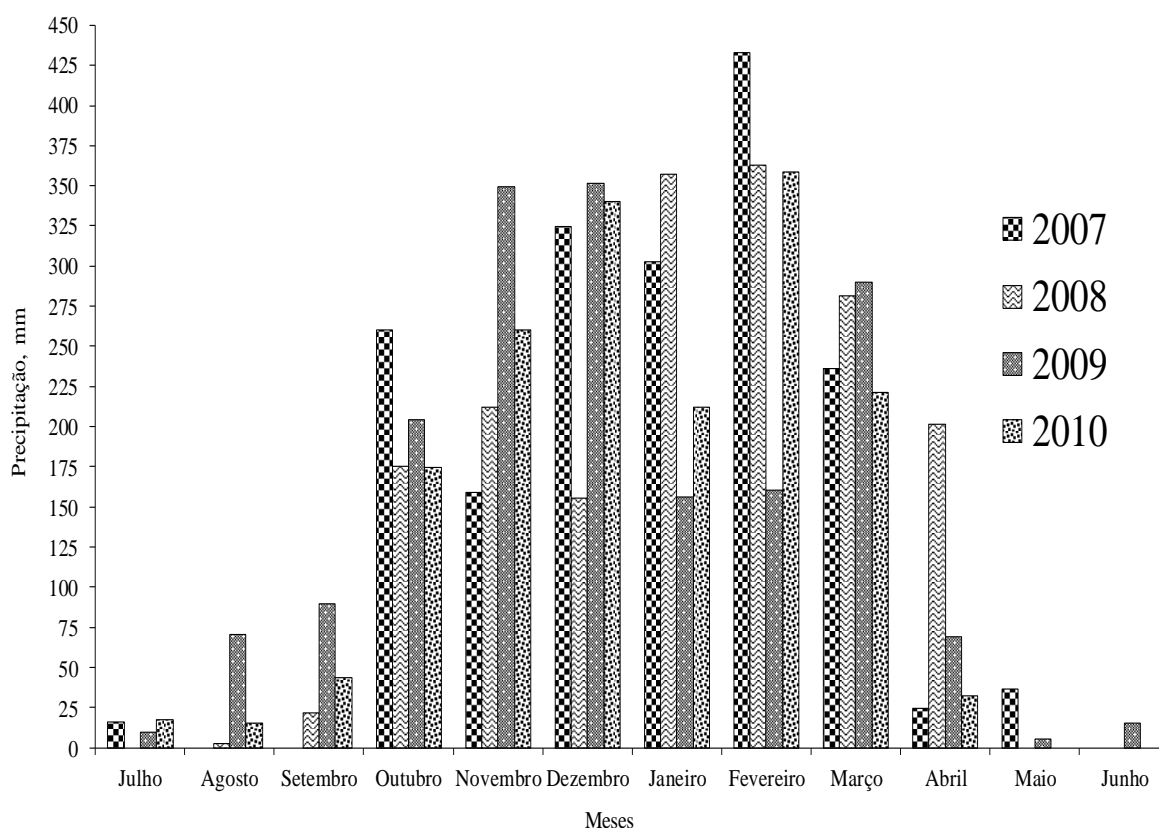


Figura 1. Precipitação média mensal do Centro Tecnológico Comigo (2007 a 2010).
Fonte: Menezes & Ferreira Filho (2010).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo realizadas em 10/10/2007, antes da implantação do experimento.

Camada	pH CaCl ₂	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC _{ef}	CTC pH 7	
cm	-	cmolc dm ⁻³						
0 a 20	4,93	0,05	2,56	0,54	0,10	3,26	6,33	
20 a 40	4,48	0,26	1,21	0,27	0,08	1,82	5,30	
Camada	V	m	Matéria orgânica	Argila	Silte	Areia	P	
cm	%		g kg ⁻¹			mg dm ⁻³		
0 a 20	50,61	1,61	25,51	381,00	84,00	536,00	10,47	
20 a 40	29,44	14,15	20,45	394,00	88,00	519,00	1,84	

Média de oito repetições, com cinco subamostras por repetição. As análises químicas foram realizadas segundo metodologia proposta pela Embrapa (1999) e a textura do solo de acordo com Embrapa (1997).

A área experimental foi utilizada para cultivo de grãos em sistema plantio direto, durante os últimos 20 anos antes do inverno de 2007. Foi instalado, em 18/10/2007, um experimento de longa duração, em blocos ao acaso em parcelas subdivididas, para avaliação do efeito de duas formas de correções de solo (parcela), quatro tipos de cobertura vegetal (subparcela) e quatro doses de KCl (subsubparcela) sobre a produção e teor de nutrientes da parte aérea da biomassa seca dos tipos de cobertura vegetal, a produtividade de grãos e teor de nutrientes foliares da soja e os atributos químicos do solo.

3.2 FORMAS DE CORREÇÃO DO SOLO (PARCELA)

A introdução dos dois tratamentos com as correções de solo (total inicial e parcelada anual) ocorreram na instalação do experimento, em 18/10/2007, com a semeadura das culturas de verão da safra 2007/2008 sendo realizadas em 20/11/2007. O solo do tratamento da parcela com correção total inicial foi gradeado com grade com discos de 28 polegadas, e, posteriormente, foi efetuada uma calagem, com a aplicação de 1,7 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (295,00 g kg⁻¹ de CaO, 168,00 g kg⁻¹ de MgO e PRNT de 83%), incorporado por arado de aiveca a 30 cm de profundidade, somada a outra calagem de 1,70 Mg ha⁻¹ de calcário e KCl correspondendo à 121,00 kg ha⁻¹ de K₂O, incorporados com grade leve com discos de 22 polegadas, totalizando 3,40 Mg ha⁻¹ de calcário. A calagem foi calculada pelo método de saturação por bases, para elevá-la a 65%, na camada de 0 a 40 cm, corrigindo-se para níveis adequados de Ca, Mg e K (Sousa & Lobato, 2007).

Nessa mesma época, o solo do outro tratamento da parcela com correção

parcelada anual, recebeu 0,85 Mg ha⁻¹ de calcário (correspondente a 1/4 da calagem do tratamento com correção total, a ser aplicado por quatro anos) e KCl correspondendo à 61,00 kg ha⁻¹ de K₂O, foram aplicados em dose única sobre a superfície do solo. Em 02/10/2008 e 13/10/2009 aplicou-se novamente 0,85 Mg ha⁻¹ de calcário, conforme foi realizado anteriormente, totalizando 3/4 da calagem do tratamento com correção total inicial.

3.3 TIPOS DE COBERTURA VEGETAL (SUBPARCELA)

Os tratamentos das subparcelas foram os tipos de cobertura vegetal do solo executados durante o inverno de 2009, que compreenderam *Brachiaria brizantha*, vegetação espontânea, *Brachiaria ruziziensis* e restos culturais de sorgo (Tabela 2). O histórico de cultivo nessas subparcelas, de acordo com o período de cultivo e ao longo de três safras, está apresentado na Tabela 2 e as adubações realizadas estão sintetizadas na Tabela 3.

A *B. brizantha* cv. Marandu foi semeada na safra de verão 2007/2008, em 20/11/2007, escarificando-se o solo com semeadora a cerca de 6,00 cm de profundidade e 0,50 m de espaçamento, com posterior distribuição manual utilizando-se 800 pontos de valor cultural ha⁻¹, conforme a adubação citada na Tabela 3. Essa gramínea foi cultivada por dois anos simulando uma pastagem, desde a safra 2007/2008 até o inverno de 2009. Em 03/03/2008, 06/11/2008, 29/12/2008, 06/03/2009 e 28/10/2009 realizou-se o corte da *B. brizantha*, a cerca de 10 cm de altura com roçadora hidráulica, sem a realização de extração de sua biomassa vegetal.

A *B. ruziziensis* foi semeada em 06/03/2009 escarificando-se o solo com semeadora a cerca de 6 cm de profundidade e 0,50 m de espaçamento, com posterior distribuição manual, utilizando-se 800 pontos de valor cultural ha⁻¹ e sem fertilização (Tabela 3).

O sorgo granífero Dow 1G100 foi semeado na mesma data da *B. ruziziensis*, utilizando-se semeadora-adubadora no mesmo espaçamento e profundidade utilizado para essa forrageira, com cerca de 200 mil plantas ha⁻¹, conforme a adubação relatada na Tabela 3. Esse sorgo foi colhido em 10/07/2009, sendo que seus restos culturais foram mantidos sob o solo. O rendimento médio dos grãos de sorgo foi de 4.180,98 kg ha⁻¹.

A área sob vegetação espontânea diferiu dos demais tratamentos, pois não recebeu nenhum tipo de planta de cobertura (Tabela 2) ou fertilização (Tabela 3) após a

Tabela 2. Tratamento empregado nas subparcelas e seu histórico de cultivo dos tipos de cobertura vegetal e grãos ao longo de três anos de cultivo.

Tratamento	Safr 2009/2010		Safr 2008/2009		Safr 2007/2008	
	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno
<i>B. brizantha</i>	Soja RR 7908	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>	Correção total inicial
Vegetação espontânea	Soja RR 7908	Veg. esp.	Soja 6101	Veg. esp.	Milho 30K73	Correção total inicial
<i>B. ruziziensis</i>	Soja RR 7908	<i>B. ruziziensis</i>	Soja 6101	Veg. esp.	Soja RR 7908	Correção total inicial
Restos culturais de sorgo	Soja RR 7908	Sorgo Dow 1G100	Soja 6101	Milheto ADR 300	Soja RR 7908	Correção total inicial
<i>B. brizantha</i>	Soja RR 7908	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>	Correção parcelada anual
Vegetação espontânea	Soja RR 7908	Veg. esp.	Soja 6101	Veg. esp.	Milho 30K73	Correção parcelada anual
<i>B. ruziziensis</i>	Soja RR 7908	<i>B. ruziziensis</i>	Soja 6101	Veg. esp.	Soja RR 7908	Correção parcelada anual
Restos culturais de sorgo	Soja RR 7908	Sorgo Dow 1G100	Soja 6101	Milheto ADR 300	Soja RR 7908	Correção parcelada anual

Veg. esp. - vegetação espontânea.

Tabela 3. Quantidades equivalentes de N, P₂O₅ e K₂O, em kg ha⁻¹, aplicadas em cada período de cultivo via adubações de plantio e/ou cobertura.

Tratamento	Safr 2009/2010					Safr 2008/2009			Safr 2007/2008				
	verão		inverno			verão		inverno	verão			inverno	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	kg ha ⁻¹		P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O	Correção do solo
<i>B. brizantha</i>	60,00	*	-	-	-	-	-	-	32,00	100,00	-	121,00	Total inicial
Vegetação espontânea	60,00	*	-	-	-	60,00	*	-	40,00	100,00	90,00	121,00	Total inicial
<i>B. ruziziensis</i>	60,00	*	-	-	-	60,00	*	-	10,00	115,00	50,00	121,00	Total inicial
Restos culturais de sorgo	60,00	*	94,00	43,00	39,00	60,00	*	20,00	10,00	115,00	50,00	121,00	Total inicial
<i>B. brizantha</i>	60,00	*	-	-	-	-	-	-	32,00	100,00	-	61,00	Parc. anual
Vegetação espontânea	60,00	*	-	-	-	60,00	*	-	40,00	100,00	90,00	61,00	Parc. anual
<i>B. ruziziensis</i>	60,00	*	-	-	-	60,00	*	-	10,00	115,00	50,00	61,00	Parc. anual
Restos culturais de sorgo	60,00	*	94,00	43,00	39,00	60,00	*	20,00	10,00	115,00	50,00	61,00	Parc. anual

* Aplicação das doses de KCl correspondentes à 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Parc. Anual - correção parcelada anual.

colheita da soja na safra 2008/2009, sendo composta, predominantemente por *Cenchrus echinatus* (95%) e baixa infestação de *Alternanthera tenella* (apaga-fogo) e *Commelina benghalensis* (trapoeraba).

Em todas as épocas de cultivo desse experimento realizou-se a semeadura direta dos grãos com revolvimento somente no sulco de semeadura, apenas com exceção da implantação do experimento para as áreas com correção total inicial. Nestas parcelas foram realizados o plantio convencional devido à incorporação do calcário.

3.4 DOSES DE POTÁSSIO (SUBSUBPARCELA)

Nos tratamentos das subsubparcelas aplicou-se as doses de KCl correspondentes à 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na cultura da soja, nas safras de 2008/2009 e 2009/2010 (Tabela 3). Essas doses de potássio foram baseadas na extração da cultura da soja em plantio anterior (Embrapa, 2006b), portanto foram aplicados os níveis de extração de K₂O pela soja de 0% (0 kg ha⁻¹ de K₂O), 30% (20 kg ha⁻¹ de K₂O), 60% (40 kg ha⁻¹ de K₂O) e 90% (60 kg ha⁻¹ de K₂O). Nas subparcelas onde se utilizou a *B. brizantha*, as doses de potássio foram aplicadas somente no cultivo de soja da safra 2009/2010 (Tabela 3). As aplicações de KCl foram realizadas superficialmente e manualmente aos 15 dias após o semeadura da soja. Todas as demais fertilizações deste experimento foram feitas segundo recomendações de Sousa & Lobato (2007) para manter os níveis adequados de nutrientes nas culturas, e também baseadas nos níveis de extração destas culturas. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as técnicas agrícolas indicadas para a região.

3.5 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DA PARTE AÉREA DOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL

As áreas ocupadas pelos tipos de cobertura vegetal foram dessecadas com 1,58 kg ha⁻¹ de glifosato; 0,20 kg ha⁻¹ de 2,4-D e 1% de óleo mineral em 29/09/2009. Em 06/10/2009 coletaram-se, na diagonal de cada subsubparcela de 60 m², três subamostras da biomassa dos tipos de cobertura vegetal para formar uma amostra composta da produção dessas coberturas. Portanto, realizou-se a coleta da parte aérea das coberturas sete dias após a dessecação. Nessa coleta utilizou-se um quadro de 0,25 m² (0,50 m x 0,50 m), sendo recolhido todo o material vegetal que se encontrava sobre a superfície do solo,

inclusive os restos culturais dos anos anteriores.

As amostras foliares das coberturas vegetais foram secadas e desintegradas em moinho do tipo Willye com malha de 20 mesh e armazenadas para posterior análise. As amostras foram analisadas para a determinação dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). De posse da produção da biomassa seca da parte aérea (folhas e colmos) dessas coberturas e da concentração dos seus nutrientes, calcularam-se as acumulações de nutrientes na parte aérea desses tipos de coberturas.

3.6 AMOSTRAGEM E ANÁLISES DO SOLO

Para compor uma amostra composta do solo coletaram-se três subamostras na diagonal de cada subsubparcela de 60 m², nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade. Utilizou de uma furadora com trado rosca, fazendo-se as coletas nas entrelinhas dos cultivos anteriores. Isso foi realizado simultaneamente (06/10/2009) e nos mesmos pontos da amostragem dos tipos de cobertura vegetal. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos de plástico e transportadas para o laboratório, secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira com malha de 2 mm. Analisaram-se a acidez ativa (pH em CaCl₂); o teor de matéria orgânica; os teores de Ca, Mg, K e Al trocáveis; a acidez potencial (H+Al) e os teores disponíveis de P, Fe, Mn, Cu e Zn, segundo metodologia proposta pela Embrapa (1999). Com os resultados, calculou-se a CTC efetiva (CTC_{ef}), a CTC a pH 7 (CTC) e a saturação por bases (V) e por Al⁺³ (m).

3.7 SEMEADURA, ANÁLISE FOLIAR E RENDIMENTO DA SOJA

Em 28/10/2009 realizou-se o corte da *B. brizantha* e *B. ruziziensis* a cerca de 10 cm de altura com roçadora hidráulica, sem a extração de biomassa vegetal, apenas para facilitar o uso da semeadora-adubadora. Além do manejo da dessecação citado anteriormente para as coberturas do solo, aplicou-se mais 1,58 kg ha⁻¹ de glifosato em todas as subsubparcelas no dia anterior à semeadura (29/10/2009), portanto 24 dias após a primeira dessecação. A soja foi semeada em todo experimento no dia 30/10/2009, inclusive quando cultivado sobre *B. Brizantha* (Tabela 2). Na semeadura da soja, realizou-se apenas a adubação fosfatada, já que as doses de potássio foram aplicadas posteriormente (Tabela

3). A população final dessa cultura ficou em torno de 300 mil plantas ha⁻¹.

Realizou-se a coleta foliar das plantas de soja de acordo com Oliveira (2002b), no pleno florescimento da cultura, que ocorreu em 19/12/2009, coletou-se 30 trifólios ao redor do centro de cada subsubparcela, sendo retirada a terceira folha com pecíolo a partir do ápice em cada planta. As amostras foliares da soja foram secadas e desintegradas em moinho do tipo Willye com malha de 20 mesh e armazenadas para posterior análise. As amostras foram analisadas para a determinação dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg e dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

As análises de solo, da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal e as foliares da soja foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Folhas da Universidade de Rio Verde.

A pluviosidade acumulada, desde a semeadura até a colheita da cultura da soja (safra 2009/2010), foi de 1.270 mm (Figura 1). A precipitação pluvial foi bem distribuída nesse período (Figura 1) e atendeu às necessidades hídricas para a produção máxima da cultura da soja, que varia entre 450 e 700 mm/safra (Doorenbos & Kassam, 1994). Em 28/02/2010 realizou-se a colheita da soja, sendo coletado no centro de cada uma das subsubparcelas de 60 m². Para isso, amostrou-se cinco linhas da cultura em dois metros lineares no espaçamento de 0,50 m (área total de 5 m²). O rendimento da soja foi corrigido para 13% de umidade.

A terceira aplicação do calcário para o tratamento da correção parcelada anual foi realizada em 13/10/2009 (3/4 da calagem do tratamento com correção total inicial), logo após as amostragens de solo e dos tipos de cobertura e antes da semeadura da soja. Portanto, deve-se ressaltar que antes das coletas de solo e dos tipos de cobertura aplicou-se duas doses de calcário, enquanto antes das coletas na soja foram aplicadas três doses.

3.8 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste experimento, a partir do verão da safra 2009/2010, os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com quatro repetições. Nas parcelas, com área de 3.840 m², foram aplicados os dois tipos de manejo de solo: correção total inicial e correção parcelada anual; nas subparcelas, com área de 240 m² (12 m x 20 m), foram utilizados os quatro tipos de cobertura vegetal: *Brachiaria*

brizantha, vegetação espontânea, *Brachiaria ruziziensis* e restos culturais de sorgo; e as subsubparcelas, com área de 60 m² (6 m x 10 m), foram constituídas pelas doses de KCl correspondentes à 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Figuras 2 e 3). As análises dessa época totalizaram 128 tratamentos (Figura 3). As análises de variância foram efetuadas para a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura e para o rendimento de grãos de soja, para os teores e acúmulos de nutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura, para os teores de nutrientes no solo e para os teores de nutrientes foliares da soja. O esquema de análise de variância de parcelas subsubdivididas 2x4x4 está representado na Tabela 4.

Para avaliar o efeito do fator dose de KCl, devido à ausência de aplicações dessas doses nas subparcelas com *B. brizantha* até o inverno da safra 2009/2010 (Tabela 3), nas análises de variância desse período exclui-se essas subparcelas. Nesse período os tratamentos foram analisados em blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x3x4, com quatro repetições, totalizando 96 tratamentos (Figura 2). Portanto, nessas condições foram testados os tipos de cobertura vegetal: vegetação espontânea, *B. ruziziensis* e restos culturais de sorgo. Isso foi realizado para a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal, para os teores e acúmulos de K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² na parte aérea dos tipos de cobertura e para os teores de K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² no solo, nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade. O esquema de análise de variância de parcelas subsubdivididas 2x3x4 está representado na Tabela 4. Como os elementos K⁺, Ca⁺² e Mg⁺² competem pelos mesmos sítios de absorção devido à inibição competitiva (Malavolta et al., 1997), esses foram os únicos elementos utilizados nas análises estatísticas para o fator dose de KCl.

Após as análises de variância, as interações foram desdobradas, quando necessário, e os tratamentos qualitativos comparados pelo teste de Tukey a 5 %, calculando-se a DMS por meio do quadrado médio combinado, e os tratamentos quantitativos, por regressão. Como foram aplicadas quatro doses de KCl, utilizou-se para as causas de variação, um grau de liberdade para regressão linear, outro para a regressão quadrática e outro para o desvio de regressão. A seleção da regressão foi realizada após a constatação de que não havia significância do desvio de regressão a 5% pelo teste F, seguida da seleção da regressão na ordem de sequência quadrática ou linear, e determinando-se o coeficiente de determinação ajustado (R²). Todas as análises foram efetuadas utilizando-se o programa estatístico Sisvar 5.1 (Ferreira, 2000), conforme os comandos descritos no Apêndice A.

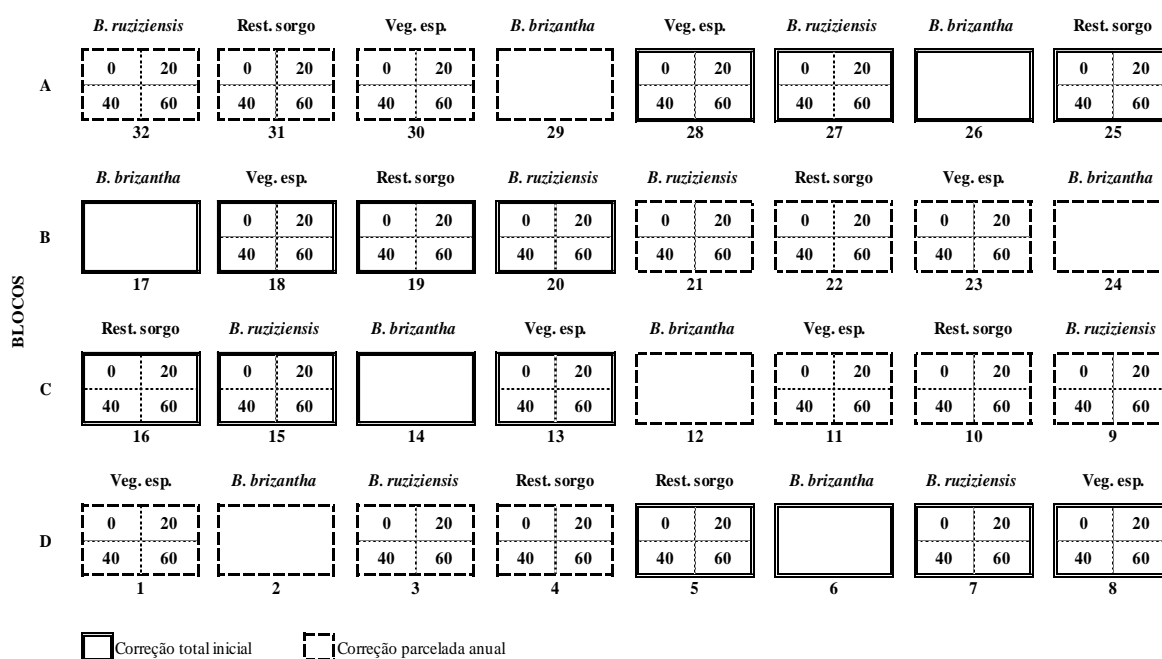


Figura 2. Disposição dos tratamentos na área experimental durante o inverno da safra 2009/2010. Veg. esp. - vegetação espontânea; Rest. sorgo - restos culturais de sorgo.

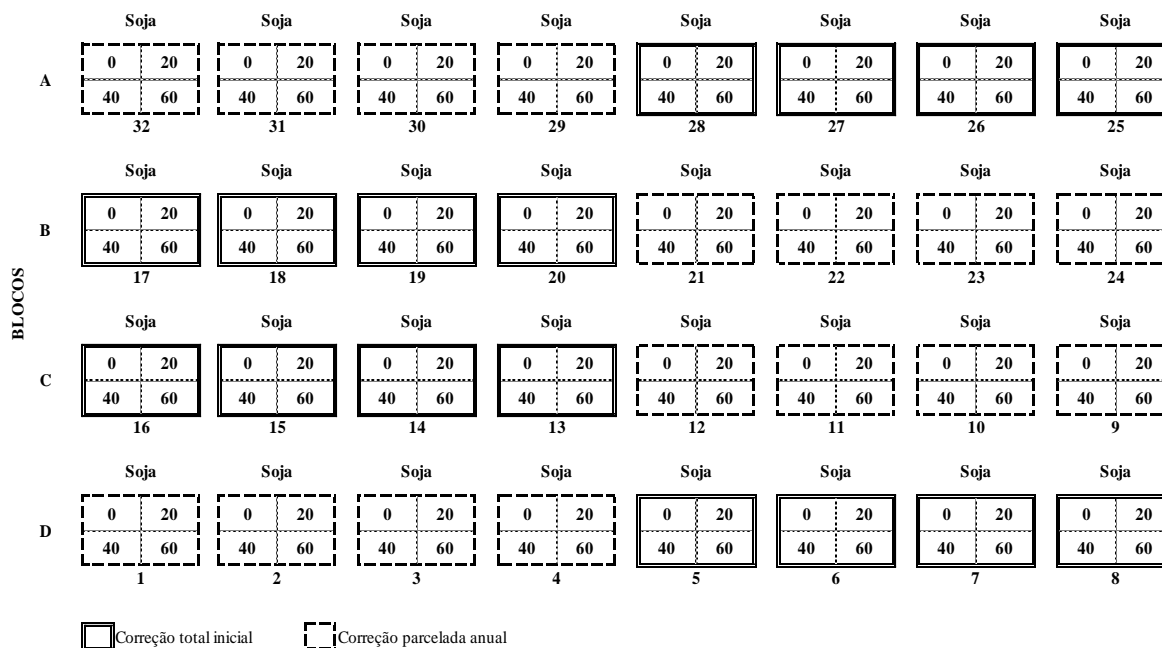


Figura 3. Disposição dos tratamentos na área experimental durante o verão da safra 2009/2010.

Tabela 4. Esquema de análise de variância do efeito entre os fatores correção (parcela), tipos de cobertura vegetal (subparcela) e dose de KCl (subsubparcela) em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x3x4 e 2x4x4.

Causas da Variação	Subsubdividida 2x3x4	Subsubdividida 2x4x4
	Grau de liberdade	Grau de liberdade
Bloco	3	3
Correção	1	1
Resíduo a	3	3
(Parcela)	(7)	(7)
Cobertura	2	3
Correção x Cobertura	2	3
Resíduo b	12	18
(Subparcela)	(16)	(31)
KCl	3	3
Correção x KCl	3	3
Cobertura x KCl	6	9
Correção x Cobertura x KCl	6	9
Resíduo c	54	72
(Subsubparcela)	(95)	(127)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos resultados para a produção de biomassa dos tipos de cobertura e para o rendimento de grãos de soja não demonstrou interações duplas e triplas entre as formas de correção do solo, tipos de cobertura vegetal e doses de KCl (Apêndices B e C). Assim, discutiram-se principalmente os efeitos isolados dos fatores que foram significativos. Apesar de algumas das demais variáveis analisadas apresentarem interações duplas e triplas, procurou-se focalizar a discussão nos efeitos isolados dos fatores dessas variáveis. Isso foi realizado porque as produções dos tipos de cobertura e da soja sintetizam as diversas alterações dos atributos avaliados.

4.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E CICLAGEM DE NUTRIENTES PELOS TIPOS DE COBERTURA

4.1.1 Produção de biomassa dos tipos de cobertura

4.1.1.1 Tipo de cobertura

De acordo com a análise de variância, detectou-se que os tipos de cobertura interferiram na produção da biomassa seca da cobertura do solo (Apêndice B).

Para o fator tipo de cobertura do solo, o tratamento com cultivo de *B. brizantha*, simulando uma pastagem, retornando com o cultivo de soja na safra 2009/2010, demonstrou maior produtividade da biomassa seca dessa gramínea (média de 10.953,98 kg ha⁻¹), sendo mais produtivo do que as demais coberturas mantidas durante o inverno de 2009/2010 (Tabela 5). Após a biomassa da *B. brizantha*, o tratamento com *B. ruziziensis* foi o mais produtivo (média de 7.104,44 kg ha⁻¹), em seguida foi a cobertura com restos culturais de sorgo (média de 5.791,67 kg ha⁻¹) e, finalmente, o tratamento sob vegetação espontânea, foi o menos produtivo com média de 4.162,35 kg ha⁻¹ (Tabela 5).

O maior rendimento da *B. brizantha* ocorreu porque suas parcelas foram cultivadas por dois anos como pastagem, sem exportação de sua palha, enquanto as demais

Tabela 5. Produção da biomassa seca da parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura vegetal, em kg ha⁻¹, submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (safra 2009/2010).

Correção do solo	Tipos de cobertura vegetal do solo				Média
	<i>B. brizantha</i>	Vegetação espontânea	<i>B. ruziziensis</i>	Restos culturais de sorgo	
Total inicial	11.204,96	4.554,06	7.659,00	5.654,65	7.268,17a
Parcelada anual	10.702,99	3.770,63	6.549,87	5.928,69	6.738,04a
Média	10.953,98A	4.162,35D	7.104,44B	5.791,67C	-

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

parcelas foram utilizadas como cobertura de inverno em 2009. Isso também pode ser explicado pelo seu elevado potencial produtivo e por serem plantas perenes (Timossi et al., 2007; Pacheco et al., 2008), o que permite maior rendimento e permanência como cobertura, quando comparadas às plantas anuais de sorgo e àquelas presentes como vegetação espontânea. Kliemann et al. (2006) observaram esse maior rendimento de *B. brizantha*, enquanto Rossi (2009) verificou maior produção para a *B. ruziziensis*, quando comparadas ao sorgo. Maiores rendimentos dessas duas braquiárias em relação à vegetação espontânea, com elevada infestação de *C. echinatus*, também já foram relatadas (Pacheco et al., 2008; Pacheco et al., 2009).

Resultados semelhantes foram obtidos por Timossi et al. (2007) para a *B. brizantha*, sendo inclusive indicada como boa alternativa para adoção do SPD, entre o outono e a primavera, pois chegou à época do manejo com expressiva quantidade de biomassa vegetal (11.500,00 kg ha⁻¹) e de grande durabilidade, quando comparadas ao cultivo anual de milho (3.200,00 kg ha⁻¹). Lopes et al. (1987) concluíram que 7.000,00 kg ha⁻¹ de biomassa seca de palhada uniformemente distribuída, é necessário para a cobertura plena da superfície do solo. Portanto, Kluthcouski & Stone (2003) e Cobucci et al. (2007) recomendam para os solos sob Cerrado, essa quantidade mínima como o ideal de adição de biomassa seca em um sistema de rotação de culturas, de maneira que se mantenha adequada cobertura do solo. Por outro lado, Denardin & Kochhann (1993), Darolt (1998) e Alvarenga et al. (2001), já recomendam como quantidade mínima 6.000,00 kg ha⁻¹. Nas condições deste trabalho observaram-se valores médios de biomassa seca de 7.100,00 kg ha⁻¹ para a *B. ruziziensis* e de 10.950,00 kg ha⁻¹ para a *B. brizantha* (Tabela 5), portanto superiores aos indicados para a proteção do solo.

As condições dos solos de Cerrado favorecem a acelerada decomposição da palhada, pois está sujeito à umidade e temperatura elevadas em boa parte do ano (Oliveira

et al., 2002b; Rossi, 2009), com taxas entre cinco até dez vezes superiores às regiões temperadas (Sanchez & Logan, 1992; Lal & Logan, 1995). O uso de plantas de cobertura com elevada produção de resíduos e com menor velocidade de decomposição, os mantém sobre o solo por maior tempo no SPD (Kliemann et al., 2006). Devem-se priorizar plantas que possuam resíduos com maior relação C/N, o que torna mais lenta a sua decomposição (Calegari et al., 1993).

Pacheco et al. (2008) implantaram *B. brizantha* e *B. ruziziensis* por sobressemeadura de janeiro a março sobre soja, e obtiveram maior tolerância ao estresse hídrico durante o inverno e observaram que, por serem perenes, crescerem de forma prostrada ao solo e possuírem alta produção de biomassa, cobriram totalmente o solo durante setembro e outubro.

Neste trabalho as braquiárias mostraram-se mais eficientes como plantas fornecedoras de palhada ao SPD. No uso desse sistema a boa formação de cobertura vegetal na superfície do solo, antes da implantação da cultura, é requisito indispensável (Landers, 2007), não só com o objetivo de sincronizar a oferta de nutrientes pelas plantas de cobertura com a demanda pelas culturas comerciais (Silveira et al., 2005a; Gama-Rodrigues et al., 2007), mas para a manutenção da umidade e da proteção física contra a erosão (Braz et al., 2004; Kliemann et al., 2006; Marchão et al., 2007; Rossi, 2009).

4.1.1.2 Correção do solo

Segundo a análise de variância, verificou-se que as formas de correção do solo total inicial e parcelada anual não alteraram a produção da biomassa seca dos tipos de cobertura (Apêndice B).

Mesmo sob diferentes tipos de cobertura vegetal não se verificou alteração nos seus rendimentos sob as duas formas de correções (Tabela 5). Apesar disso, resultados de pesquisas têm demonstrado que a incorporação do calcário, em maiores profundidades, até 30 cm, já apresentou respostas positivas na produção de milho (Alonço, 1990; Prado & Natale, 2004), aveia (Prado & Roque, 2002), soja (Oliveira & Pavan, 1996; Prado, 2003), especialmente quando ocorrerem veranicos na soja (Dedecek, 1986), e até ausência de resposta dessa oleaginosa (Caires et al., 2003; Narimatsu, 2008). Nas condições deste trabalho, essas diferenças não devem ter ocorrido principalmente devido aos teores adequados de nutrientes no solo desde a implantação do experimento (Tabela 1), que já foi citado como causador da ausência de resposta na produção mesmo com as diferentes

formas de correção do solo (Caires et al., 2003).

4.1.1.3 Dose de potássio

Pela análise de variância, em que se considerou somente os tipos de coberturas implantadas sobre os residuais das aplicações de KCl da safra 2008/2009 (*B. ruziziensis*, restos culturais de sorgo e vegetação espontânea), observou-se que essas doses de KCl não influenciaram na produção da biomassa seca dos tipos de cobertura do solo, ao nível de 5% pelo teste F (Apêndice D).

A relação entre a produção dessa biomassa seca e as doses de KCl não apresentou análise significativa para regressão, portanto não se adequando a uma equação linear ou quadrática (Figura 4). Isso pode ter ocorrido devido ao uso de diferentes tipos de cobertura vegetal, à ocorrência de déficit hídrico no inverno e à presença do potássio apenas como adubação residual nesse período.

4.1.2 Ciclagem de nutrientes pelos tipos de cobertura

Para os teores de macronutrientes da parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura e seus acúmulos na parte aérea, houveram diferentes respostas quanto às formas

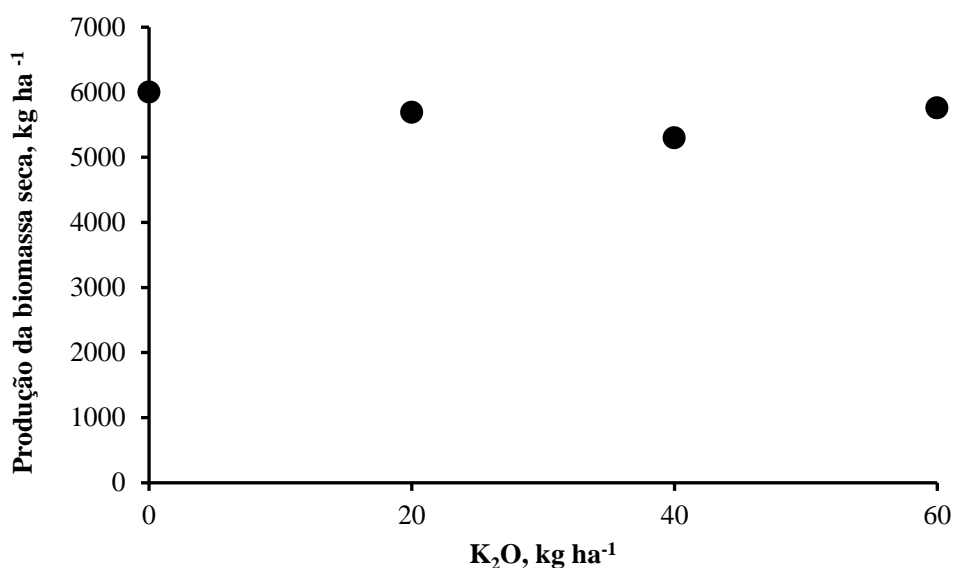


Figura 4. Relação entre a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal do solo (*B. ruziziensis*, restos culturais de sorgo e vegetação espontânea) e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (safra 2009/2010).

de correção, tipos de cobertura e doses de KCl (Apêndice E).

4.1.2.1 Tipo de cobertura

Os teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea variaram, principalmente, com os tipos de cobertura do solo (Apêndice E). Isso demonstrou as diferenças quanto ao armazenamento e reciclagem de nutrientes entre as biomassas secas das plantas na época da coleta.

Os maiores teores de N ocorreram sob vegetação espontânea, de Ca para a *B. ruziziensis* e de Mg e K para as duas braquiárias (Tabela 6). Para o teor de P ocorreu interação da forma de correção com o tipo de cobertura (Apêndice E e Tabela 6). As menores concentrações de macronutrientes nos restos culturais do sorgo ocorreram porque, como sua colheita foi em julho de 2009, isto ocasionou maior tempo para mineralização de sua biomassa vegetal. Como a *B. brizantha*, a *B. ruziziensis* e a vegetação espontânea mantiveram-se vegetando até a semeadura da soja, armazenaram maior quantidade de nutrientes em suas folhas.

Para a acumulação de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura, observou-se a influência das maiores produtividades das braquiárias, que demonstram maior armazenamento desses elementos (Tabela 6). A *B. brizantha* apresentou os maiores acúmulos de todos os macronutrientes analisados, seguida, quase sempre da *B. ruziziensis* (Tabela 6).

Para as braquiárias as maiores acumulações de macronutrientes foram de K e N, sendo P o nutriente de menor acúmulo (Tabela 6). Para a vegetação espontânea e restos culturais de sorgo as maiores acumulações foram para N e K, com o P com menor acumulação (Tabela 6). Observou-se que as braquiárias tiveram maior acúmulo de K em relação ao N, enquanto para a vegetação espontânea e restos culturais de sorgo o maior acúmulo foi de N. As quantidades médias acumuladas para a *B. brizantha* foram de 122,43 kg ha⁻¹; 20,62 kg ha⁻¹ e 173,19 kg ha⁻¹ e, para a *B. ruziziensis* foi de 90,71 kg ha⁻¹; 8,03 kg ha⁻¹ e 115,12 kg ha⁻¹, respectivamente para N, P e K (Tabela 6). Braz et al. (2004) também observaram para a *B. brizantha*, aos 110 dias de cultivo, maiores acumulações para o K, sendo seguido por N. Embora com resultados semelhantes, essas análises foram feitas em pleno desenvolvimento das plantas de cobertura, enquanto nas condições deste trabalho realizou-se antes da semeadura da soja e sete dias após a dessecação das coberturas. Mesmo com esse manejo diferenciado para a *B. brizantha*, as quantidades de nutrientes

Tabela 6. Teores e acúmulos de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal para N, P, K, Ca e Mg, submetidos aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (Safrá 2009/2010).

Correção de solo	Tipos de cobertura vegetal do solo				Média
	<i>Brachiaria brizantha</i>	Vegetação espontânea	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Restos culturais de sorgo	
Teores de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal do solo					
N, g kg ⁻¹					
Total inicial	11,38	14,93	13,02	10,55	12,47 a
Parcelada anual	10,99	15,95	12,74	8,99	12,17 a
Média	11,18 BC	15,44 A	12,88 B	9,77 C	-
P, g kg ⁻¹					
Total inicial	2,07 A a	1,50 B a	0,97 C b	1,15 BC a	1,42
Parcelada anual	1,68 A b	1,72 A a	1,33 AB a	1,07 B a	1,45
Média	1,87	1,61	1,15	1,11	-
K, g kg ⁻¹					
Total inicial	16,27	12,01	15,24	9,04	13,14 a
Parcelada anual	15,20	11,18	17,27	8,99	13,16 a
Média	15,73 A	11,59 B	16,25 A	9,01 B	-
Ca, g kg ⁻¹					
Total inicial	4,65	4,08	5,30	3,68	4,43 a
Parcelada anual	4,30	4,40	5,44	3,98	4,53 a
Média	4,48 B	B	5,37 A	3,83 B	-
Mg, g kg ⁻¹					
Total inicial	3,67	2,09	3,31	1,83	2,72 a
Parcelada anual	3,25	2,13	3,15	1,63	2,54 a
Média	3,46 A	2,11 B	3,23 A	1,73 B	-
Acúmulos de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal do solo					
N, kg ha ⁻¹					
Total inicial	127,30	67,61	98,64	60,09	88,41 a
Parcelada anual	117,56	60,72	82,78	52,33	78,35 b
Média	122,43 A	64,16 C	90,71 B	56,21 C	-
P, kg ha ⁻¹					
Total inicial	23,47	6,87	7,39	6,43	11,04 a
Parcelada anual	17,77	6,63	8,66	6,24	9,83 a
Média	20,62 A	6,75 B	8,03 B	6,33 B	-
K, kg ha ⁻¹					
Total inicial	182,95	53,02	117,27	51,91	101,29 a
Parcelada anual	163,43	43,99	112,96	53,41	93,45 a
Média	173,19 A	48,50 C	115,12 B	52,66 C	-
Ca, kg ha ⁻¹					
Total inicial	51,95	18,80	41,07	20,99	33,20 a
Parcelada anual	45,79	16,47	34,95	23,48	30,17 a
Média	48,87 A	17,64 C	38,01 B	22,24 C	-
Mg, kg ha ⁻¹					
Total inicial	40,83	9,44	25,28	10,32	21,47 a
Parcelada anual	34,69	8,17	20,53	9,57	18,24 b
Média	37,76 A	8,80 C	22,90 B	9,95 C	-

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

acumulados foram bem próximas ao obtido por esses autores. Observou-se que os valores de N e K são bem maiores que os normalmente incorporados ao solo pela adubação de plantio, mostrando a grande capacidade de absorção e acumulação de nutrientes dessas duas espécies de braquiária.

Uma pastagem de *B. brizantha* sob Latossolo Vermelho escuro em Goiás, após três anos de implantação, com 7.270,00 kg ha⁻¹ de biomassa seca, reciclou 87,20 kg ha⁻¹; 18,60 kg ha⁻¹ e 196,10 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K (Magalhães et al., 2002). Assim como nas condições desse trabalho, apesar do menor rendimento e reciclagem de nutrientes obtido por esses autores, foi observada uma maior quantidade de K em relação ao N e ao P.

Na mineralização do tecido foliar de plantas de cobertura ocorrem perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação, percolação e escoamento por erosão laminar. Apesar disso, ocorreu economia de 39%, 54%, 53% e 44% na quantidade de N em cobertura para o feijoeiro semeado 60 dias, respectivamente, após as palhadas de braquiária, mombaça, sorgo e estilosantes (Silveira et al., 2005a). Por outro lado, Moraes (2001) apresentou a taxa de mineralização do P da palhada do milho e sorgo, onde 93% e 88%, respectivamente, do nutriente acumulado em cada palhada foram liberados após 168 dias após deposição. O potássio encontra-se predominantemente na forma iônica K⁺, uma vez que o nutriente não participa de componentes funcionais e estruturais da planta (Marschner, 1995) e a decomposição dos restos vegetais das plantas de cobertura o libera na sua totalidade rapidamente (Borkert et al., 2003), podendo ser aproveitado pela cultura subsequente (Braz et al., 2004).

As acumulações de Ca e Mg foram menores do que as de N e K, porém maiores do que as de P para todas as coberturas de solo (Tabela 6). Braz et al. (2004) obtiveram essa mesma sequência de distribuição para a *B. brizantha*, com acumulações de 40,00 kg ha⁻¹ de Ca e 38,00 kg ha⁻¹ de Mg, valores muito semelhantes às médias do presente trabalho. Por outro lado, Magalhães et al. (2002) obteve para essa forrageira valores bem menores, com apenas 7.270,00 kg ha⁻¹ de biomassa seca, 17,10 kg ha⁻¹ e 19,60 kg ha⁻¹ de Ca e Mg, respectivamente.

Esses resultados demonstraram o elevado potencial das braquiárias, principalmente da *B. brizantha*, em armazenarem maior quantidade de nutrientes, que poderão ser disponibilizados em maior magnitude à cultura de verão subsequente, quando comparadas aos restos culturais de sorgo e à vegetação espontânea no inverno.

4.1.2.2 Correção do solo

Os teores de macronutrientes da parte aérea dos tipos de cobertura (Tabela 6), já que refletem a absorção dos nutrientes do solo pela planta, apresentaram resultados semelhantes ao que ocorreu com o rendimento da biomassa seca. Os teores de N, P, K, Ca e Mg se apresentaram semelhantes entre as duas formas de correção, enquanto os acúmulos na parte aérea de P, K e Ca também foram semelhantes e, apenas para o acúmulo de N e Mg, ocorreu superioridade da calagem total inicial (Tabela 6). Essas semelhanças entre essas duas formas de correções também podem ser explicadas pela ocorrência de níveis adequados de nutrientes desde a introdução do experimento (Tabela 1).

4.1.2.3 Dose de potássio

Os teores e acúmulos da parte aérea de K, Ca e Mg para os tipos de cobertura não sofreram alterações com os residuais das doses de KCl, quando se considerou esse fator isoladamente (Apêndice F). Ocorreram interações triplas entre as formas de correção, tipos de cobertura e doses de KCl para os teores de K e Mg e para os acúmulos de K. Porém o desdobramento dessas interações apresentaram quase sempre semelhanças entre as formas de correções e as doses de KCl, confirmando os resultados já apresentados para os tipos de cobertura. Os teores e acúmulos de K, Ca e Mg foram superiores para a biomassa seca da *B. ruziziensis*, já que nessas interações retirou-se as análises com *B. brizantha*.

4.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Em relação aos atributos químicos do solo, houveram diferentes respostas quanto às formas de correção, tipos de cobertura e doses de KCl (Apêndices G e H).

4.2.1.1 Tipo de cobertura

As análises da produção (Tabela 5) e dos teores e acúmulos da parte aérea (Tabela 6) dos tipos de cobertura demonstraram diferenças entre as coberturas. Por outro lado, ocorreram poucas alterações provocadas pelas coberturas sobre os atributos químicos

do solo, nas camadas testadas, mesmo sob *B. brizantha* (Tabelas 7 e 8). Como as coletas das coberturas e do solo foram realizadas simultaneamente e nos mesmos locais, provavelmente, os nutrientes foram, em grande parte, retirados do solo pelas coberturas vegetais, permanecendo em suas partes aéreas (Tabela 6), influenciando em suas produções de biomassa seca (Tabela 5), porém ocasionando uniformização nos atributos químicos do solo (Tabelas 7 e 8). Silveira et al. (2010) observaram, após quatro anos de plantio direto com cultivos anuais de *B. brizantha*, milho consorciado com *B. brizantha*, guandu anão, milheto, capim mombaça, sorgo, estilosantes e crotalária, poucas alterações para os valores de pH e os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, K^{+} e matéria orgânica nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-20 cm de um Latossolo Vermelho distrófico.

Os tipos de cobertura não ocasionaram alterações na CTC e MOS (Tabela 8). A possível elevação da MOS e, conseqüentemente, da CTC (Silva et al., 1994), ocasionada pelo maior aporte dessas coberturas, poderá ocorrer nessas profundidades somente com os maiores tempos de utilização da rotação de culturas. Sá (2001) observou que até os dez anos de SPD o ganho de MOS foi positivo somente para a profundidades inferiores a 5 cm e, somente após esse tempo, ocorreram alterações na MOS nas camadas entre 5 cm a 40 cm. Silveira et al. (2005b) verificaram em Latossolo Vermelho distrófico, que apesar de diferentes plantas de cobertura aportarem diferentes quantidades de biomassa seca, os sistemas de rotação de culturas testados por cinco anos (sistema plantio direto e plantio convencional), não afetaram os teores da MOS nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e de 10-30 cm de profundidade. Isso foi explicado devido às condições do Cerrado, com verão quente e úmido e com altas precipitações, e inverno com temperaturas médias acima de 20°C, que favoreceram a rápida mineralização do material orgânico. Além desses fatores, os teores de MOS obtidos (Tabela 8) estão abaixo dos níveis ideais (Sousa & Lobato, 2007). Isso ocorreu devido ao alto grau de degradação do SPD que estava sendo adotado nessas áreas e que, mesmo com o uso de plantas de cobertura de alta produção de biomassa, ainda não foi suficiente para elevar a MOS nas profundidades analisadas.

4.2.1.2 Correção do solo

Apesar das análises da produção (Tabela 5) e dos teores e acúmulos da parte aérea (Tabela 6) dos tipos de cobertura terem demonstrado, quase sempre, semelhanças entre as duas formas de correção, ocorreram algumas diferenças nas análises dos atributos químicos do solo (Tabelas 7 e 8). Principalmente na camada com de 20-40 cm de

Tabela 7. Médias de pH CaCl₂, Al³⁺, saturação por alumínio (m), teor de H+Al, Ca²⁺ e Mg²⁺, K⁺ e saturação por bases (V) de um Latossolo Vermelho distrófico submetido aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (Safrá 2009/2010).

Correção do solo	0-20 cm										20-40 cm										
	Tipos de cobertura vegetal do solo										Tipos de cobertura vegetal do solo										
	<i>Brachiaria brizantha</i>		Vegetação espontânea		<i>Brachiaria ruziziensis</i>		Restos culturais de sorgo		Média		<i>Brachiaria brizantha</i>		Vegetação espontânea		<i>Brachiaria ruziziensis</i>		Restos culturais de sorgo		Média		
	pH CaCl ₂																				
Total inicial	5,49		5,37		5,52		5,35		5,43	a	5,28		5,26		5,26		4,97		5,19	a	
Parcelada anual	5,06		5,06		5,14		4,87		5,03	b	4,77		4,61		4,77		4,59		4,68	b	
Média	5,28	A	5,22	A	5,33	A	5,11	A	-		5,02	A	4,93	A	5,01	A	4,78	A	-		
	Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³																				
Total inicial	0,01	A	a	0,01	A	a	0,01	A	b	0,01	A	a	0,01	A	b	0,01	A	b	0,01	A	b
Parcelada anual	0,01	B	a	0,02	AB	a	0,02	A	a	0,02	AB	a	0,02	C	a	0,07	B	a	0,06	B	a
Média	0,01		0,01		0,02		0,01		-		0,02		0,04		0,03		0,06		-		-
	m, %																				
Total inicial	0,28	A	a	0,26	A	a	0,25	A	b	0,26	A	a	0,26	A	a	0,30	A	b	0,52	A	b
Parcelada anual	0,28	C	a	0,47	B	a	0,68	A	a	0,40	BC	a	0,46	C	a	3,12	B	a	3,02	B	a
Média	0,28		0,36		0,46		0,33		-		0,70		1,73		1,66		3,05		-		-
	H+Al, cmol _c dm ⁻³																				
Total inicial	2,98		3,17		2,90		3,02		3,02	b	3,40		3,63		3,57		3,91		3,63	b	
Parcelada anual	3,66		3,86		3,89		3,97		3,84	a	4,61		4,34		4,75		5,03		4,68	a	
Média	3,32	A	3,51	A	3,40	A	3,49	A	-		4,00	A	3,99	A	4,16	A	4,47	A	-		-
	Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³																				
Total inicial	2,64	B	a	2,99	AB	a	3,14	A	a	3,00	AB	a	2,94	A	a	2,36	A	a	2,36	A	a
Parcelada anual	2,85	AB	a	2,86	AB	a	2,52	B	b	3,04	A	a	2,82	A	a	1,85	B	b	1,60	B	b
Média	2,74		2,93		2,83		3,02		-		2,30		2,11		2,15		1,95		-		-
	Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³																				
Total inicial	0,83		0,72		0,79		0,70		0,76	a	0,60		0,45		0,54		0,52		0,53	a	
Parcelada anual	0,60		0,45		0,47		0,49		0,50	b	0,33		0,22		0,32		0,27		0,28	b	
Média	0,71	A	0,59	B	0,63	AB	0,59	AB	-		0,47	A	0,34	B	0,43	A	0,39	AB	-		-
	K ⁺ , cmol _c dm ⁻³																				
Total inicial	0,17		0,18		0,17		0,15		0,17	a	0,11		0,13		0,11		0,11		0,12	a	
Parcelada anual	0,16		0,16		0,12		0,14		0,14	a	0,10		0,11		0,08		0,09		0,09	b	
Média	0,16	A	0,17	A	0,15	A	0,15	A	-		0,10	AB	0,12	A	0,09	B	0,10	B	-		-
	V, %																				
Total inicial	55,92		55,71		58,90		56,53		56,77	a	47,87		45,08		49,23		44,05		46,56	a	
Parcelada anual	50,11		47,88		44,40		48,46		47,71	b	37,17		33,58		29,91		27,83		32,12	b	
Média	53,02	A	51,79	A	51,65	A	52,49	A	-		42,52	A	39,33	AB	39,57	AB	35,94	B	-		-

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 8. Médias de CTC efetiva (CTC_{ef}), CTC pH 7,0 (CTC), matéria orgânica do solo (MOS), P disponível e os teores de Fe²⁺, Mn²⁺, Cu²⁺ e Zn²⁺ de um Latossolo Vermelho distrófico submetido aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (Safrá 2009/2010).

Correção do solo	0-20 cm					20-40 cm				
	Tipos de cobertura vegetal do solo					Tipos de cobertura vegetal do solo				
	<i>Brachiaria brizantha</i>	Vegetação espontânea	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Restos culturais de sorgo	Média	<i>Brachiaria brizantha</i>	Vegetação espontânea	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Restos culturais de sorgo	Média
	CTC _{ef} , cmol _c dm ⁻³									
Total inicial	3,65 B a	3,90 AB a	4,10 A a	3,86 AB a	3,88	3,05 AB a	2,96 B a	3,37 A a	3,00 AB a	3,09
Parcelada anual	3,62 A a	3,48 AB a	3,14 B b	3,69 A a	3,48	2,73 A a	2,25 B b	2,06 B b	2,00 B b	2,26
Média	3,63	3,69	3,62	3,78	-	2,89	2,60	2,71	2,50	-
	CTC, cmol _c dm ⁻³									
Total inicial	6,61	7,06	7,00	6,87	6,89 a	6,44	6,58	6,92	6,90	6,71 a
Parcelada anual	7,26	7,33	7,01	7,64	7,31 a	7,31	6,52	6,76	6,92	6,88 a
Média	6,94 A	7,20 A	7,00 A	7,26 A	-	6,87 A	6,55 A	6,84 A	6,91 A	-
	MOS, g kg ⁻¹									
Total inicial	28,12	25,26	26,67	27,12	26,79 a	25,91	24,46	25,08	25,83	25,32 a
Parcelada anual	27,68	26,97	27,85	27,35	27,46 a	25,22	23,86	25,25	24,05	24,60 a
Média	27,90 A	26,11 A	27,26 A	27,23 A	-	25,56 A	24,16 A	25,16 A	24,94 A	-
	P disponível, mg dm ⁻³									
Total inicial	4,42 A a	4,26 A b	6,02 A a	5,72 A b	5,10	2,85	3,84	3,61	3,39	3,43 a
Parcelada anual	5,72 B a	6,85 B a	6,10 B a	8,95 A a	6,90	2,05	2,40	2,12	2,72	2,32 b
Média	5,07	5,55	6,06	7,33	-	2,45 A	3,12 A	2,87 A	3,06 A	-
	Fe ⁺² , mg dm ⁻³									
Total inicial	102,31	100,44	103,59	98,76	101,27 a	115,60	110,91	104,17	106,65	109,33 a
Parcelada anual	93,46	87,27	98,44	95,99	93,79 b	104,28	112,30	113,86	118,52	112,24 a
Média	97,88 A	93,85 A	101,02 A	97,38 A	-	109,94 A	111,60 A	109,01 A	112,59 A	-
	Mn ⁺² , mg dm ⁻³									
Total inicial	22,26 AB a	18,93 B a	20,45 AB a	24,58 A a	21,55	17,50	14,71	18,85	18,80	17,46 a
Parcelada anual	23,15 A a	21,90 A a	22,13 A a	19,30 A b	21,62	14,18	12,49	14,04	13,56	13,57 b
Média	22,70	20,41	21,29	21,94	-	15,84 A	13,60 A	16,45 A	16,18 A	-
	Cu ⁺² , mg dm ⁻³									
Total inicial	1,57	1,81	1,66	1,46	1,63 a	1,94	1,82	1,69	1,58	1,76 a
Parcelada anual	1,53	1,52	1,80	1,55	1,60 a	1,46	1,68	1,99	1,55	1,67 a
Média	1,55 A	1,67 A	1,73 A	1,50 A	-	1,70 A	1,75 A	1,84 A	1,56 A	-
	Zn ⁺² , mg dm ⁻³									
Total inicial	6,30	6,59	6,28	5,86	6,26 b	4,90	5,04	5,34	4,66	4,99 a
Parcelada anual	6,73	7,35	7,52	7,17	7,19 a	3,71	3,44	4,89	3,98	4,00 b
Média	6,52 A	6,97 A	6,90 A	6,51 A	-	4,31 A	4,24 A	5,12 A	4,32 A	-

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

profundidade ocorreu a elevação dos teores de pH do solo, Ca^{+2} , Mg^{+2} , V, K^+ , CTC_{ef} e P disponível, com a conseqüente redução dos valores de Al^{+3} , m% e H+Al para o tratamento com correção total inicial (Tabelas 7 e 8). Esse efeito era o esperado, já que nessa forma de correção até na época da coleta, utilizou-se de uma maior dose de corretivo, em relação à correção parcelada anual, o que elevou os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} e proporcionou um maior período de reatividade do calcário. Além disso, a correção total inicial foi realizada com a incorporação a 30 cm por arado de aiveca, o que explica as maiores alterações na subsuperfície.

Os sistemas de preparo do solo podem influir na distribuição de nutrientes no seu perfil (Silveira et al., 2005b). Preparos com menor mobilização do solo favoreceram o acúmulo de nutrientes na camada 0-5 cm de profundidade (Silveira et al., 2000; Silveira et al., 2005b), enquanto os que mobilizam mais intensamente o solo proporcionaram distribuição mais uniforme de nutrientes na camada arável (Klepker & Anghinoni, 1995). A área do experimento foi mantida sob SPD por diversos anos, antes de sua implantação, e as parcelas com correção parcelada anual não foram revolvidas com a introdução dos tratamentos. No SPD os fertilizantes são aplicados na linha de semeadura, na superfície do solo, sendo que a dissolução dos fertilizantes fosfatados e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos podem contribuir para a acidificação da camada superficial do solo (Ciotta et al., 2002). Assim, na correção parcelada anual, esses fatores podem ter aumentado as diferenças quanto à acidificação do solo em relação à correção total inicial.

A maior quantidade de calcário aplicada na correção total inicial e sua incorporação elevou o pH do solo nas duas profundidades, permanecendo menor quando se realizou a correção parcelada anual (Tabela 7). Em uma área árida da Austrália sob SPD por 12 anos, submetida à calagem superficial e incorporada a 20 cm por grade (1.500 kg ha^{-1}), levou entre dois a quatro anos para o pH sob calagem superficial assemelhar-se ao incorporado, na camada de 5-10 cm (Conyers et al., 2003). Nas condições deste trabalho, após dois anos das correções, o pH de 0-20 e de 20-40 cm, ainda se mantém superior na correção total inicial. Assim como descrito por esses autores, observou-se que no SPD sob correção superficial, os benefícios da calagem foram lentos para atingir as camadas superiores a 5 cm do solo.

Apenas sob cultivo de *B. brizantha*, os teores de Al^{3+} e da saturação por Al^{3+} (m) apresentaram-se semelhantes entre as duas formas de correção, tanto para 0-20, quanto para 20-40 cm de profundidade (Tabela 7). Sob o seu cultivo ocorreu ainda o menor valor de Al^{3+} e da saturação por Al^{3+} para a correção parcelada anual, na profundidade de 20-40

cm (Tabela 7). Possivelmente essa ausência de diferença entre as correções e a redução do Al^{3+} trocável no subsolo tenham ocorrido pela presença de resíduos vegetais mantidos na superfície (Caires et al., 2003) e pela maior quantidade de raízes da braquiária presentes na subsuperfície (Salton et al., 2001), que auxiliaram a descida do Ca (Tabela 7). Para comprovar isso se verificou que esse elemento e a CTC_{ef} , que sofreu grande influência dos teores de Ca, apresentaram semelhança entre as correções e os maiores valores sob correção parcelada anual na profundidade de 20-40 cm, em que o Al foi menor (Tabela 7). Alguns trabalhos demonstraram redução do Al trocável no solo por materiais vegetais, associada com o aumento do pH e complexação orgânica (Miyazawa et al., 1993; Franchini et al., 1999a).

A elevação dos teores de Mg^{+2} e da saturação por bases e a redução do H+Al, com a correção total inicial, refletem o uso das maiores doses de calcário em profundidade. O uso de calcário dolomítico, com maior teor de Mg^{+2} , elevou os seus teores nas profundidades analisadas quando incorporado.

Para o K^+ as formas de correção não alteraram a sua dinâmica na profundidade de 0-20 cm (Tabela 7). Para a profundidade de 20-40 cm, as parcelas com correção total inicial apresentaram maiores teores (Tabela 7), mas possivelmente apenas refletiram os efeitos da inversão da leiva, da área anteriormente sob SPD, e da incorporação de KCl, equivalente a 121,00 kg ha^{-1} de K_2O , na ocasião da implantação do experimento. Apesar da alta mobilidade desse elemento, o efeito de sua incorporação, mesmo com baixa magnitude, ainda permaneceu por 24 meses.

As formas de correção não causaram alterações nos teores de CTC e de MOS nas camadas analisadas (Tabela 8). Essa ausência de resposta pode ser explicada porque as alterações podem estar ocorrendo em profundidades inferiores a 5 cm, camada em que tem sido relatadas, após 11 meses da aplicação, as maiores alterações quando se realiza a calagem superficial (Amaral & Anghinoni, 2001; Caires et al., 2003). Silveira et al. (2000) verificaram que sistemas de rotação de culturas sob plantio direto durante seis anos promoveram acúmulo significativo da matéria orgânica no solo apenas na camada de 0-5 cm. A CTC_{ef} apresenta maiores valores para a correção total inicial para as coberturas de *B. ruziziensis*, na camada de 0-20 cm, e para vegetação espontânea, *B. ruziziensis* e restos culturais de sorgo, na camada de 20-40 cm. Isso demonstrou que pelo menos para essas plantas e camadas, essa variável confirmou as alterações provocadas por essa forma de correção.

O P disponível, devido à baixa mobilidade no solo, refletiu o efeito da inversão

da leiva provocada pelo arado de aiveca na correção total inicial. Os teores de P que eram superiores naquelas parcelas onde houve a correção parcelada anual, apenas significativos para a vegetação espontânea e restos culturais de sorgo, na profundidade de 0-20 cm, passaram a serem superiores para todas as coberturas naquelas com correção total inicial, na profundidade de 20-40 cm (Tabela 8). Como esse elemento, antes da implantação do experimento, foi frequentemente utilizado em cultivos anteriores, a inversão da leiva, na correção total inicial, ocasionou a sua incorporação em subsuperfície. Pela sua maior mobilização do solo, o arado de aiveca distribui os nutrientes mais uniformemente nas camadas consideradas, evitando sua concentração nas camadas superficiais (Silveira & Stone, 2001). Esses autores avaliaram o sistema plantio direto e o preparo com arado de aiveca contínuo durante seis anos com diferentes rotações de cultura, em um Latossolo Vermelho perférrico. No plantio direto, houve maior acúmulo de P na camada de 0-10 cm, enquanto no preparo com arado, apresentou maior teor de P na camada de 10-20 e 20-30 cm de profundidade. No caso do arado, relatam que deve ter sido pela distribuição mais uniforme do P entre as camadas e, no caso do plantio direto, pelo não revolvimento do solo. Além disso, os teores de P também podem ter sofrido a influência da maior elevação do pH e do Ca em profundidade, na correção total inicial, já que esses aumentos podem ocasionar a precipitação de fosfatos (Sample et al., 1980).

Entre os micronutrientes do solo, o teor de Fe demonstrou efeito contrário ao teor de P. A elevação do pH do solo causa redução da disponibilidade de Fe (Sousa et al., 1993). Apesar disso, elevou-se sob correção total, na camada de 0-20 cm (Tabela 8), profundidade em que apresentou maiores valores de pH (Tabela 7). Como o Fe não foi adicionado por adubação ao solo em cultivos anteriores, além dos óxidos e hidróxi-óxidos de ferro serem constituinte dos Latossolos (Lopes & Cox, 1977), a inversão da leiva e o efeito de diluição, provocado pelo arado e grade na total inicial, provavelmente ocasionou a elevação do teor de Fe nessa camada. Isso pôde ser confirmado pela proximidade entre os teores desse elemento entre as duas profundidades na calagem total inicial. Os teores de Mn e de Zn, quase sempre, apresentaram comportamento semelhante ao que ocorreu com o teor de fósforo, pois também foram elementos utilizados com frequência em aplicações no solo e foliares nos cultivos anteriores. Diferentemente desses elementos, os teores de Cu não se alteraram sob as diferentes formas de calagem.

Desde a implantação dos tratamentos com as correções do solo desse experimento até a coleta do solo, passaram-se 24 meses. O tempo ocorrido para a máxima reação do calcário aplicado na superfície foi de 32 meses em um Latossolo Vermelho

argiloso (Oliveira & Pavan, 1996) e de 28 a 30 meses em um Latossolo Vermelho textura média (Caires et al., 2000). Já a maior reação do calcário, incorporado por arado e grade na camada de 0 a 20 cm, ocorreu entre 23 e 35 meses após a aplicação em um Latossolo Vermelho distrófico argiloso (Caires et al., 2003), semelhante ao obtido por Camargo et al. (1982) e Oliveira et al. (1997) com o calcário incorporado na camada arável de Latossolos em sistema convencional de preparo do solo. Como as máximas reações do calcário podem ocorrer somente em períodos maiores do que foi observado neste experimento, resultados mais conclusivos sobre essas formas de correção do solo devem ser obtidos em análises futuras.

Em geral, os valores de P para esse Latossolo Vermelho do Cerrado são considerados médios, os valores de pH, Ca, Mg, K e V são considerados adequados e os de Mn, Cu e Zn são considerados elevados, de acordo com Souza & Lobato (2007), para a camada de 0-20 cm de profundidade. Apesar das diferenças encontradas para os atributos químicos do solo (Tabelas 7 e 8), a ocorrência de teores médios a elevados explica a baixa influência dos atributos químicos do solo na produção da biomassa seca da parte aérea das coberturas, principalmente quando se compara entre as duas formas de correção do solo (Tabela 5).

4.2.1.3 Dose de potássio

Os teores no solo de K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} , nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, assim como ocorreu com os teores e acúmulos desses nutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura, não sofreram alterações com os residuais das doses de KCl, quando se considerou esse fator isoladamente (Apêndice I).

Ocorreram interações triplas entre forma de correção, tipo de cobertura e dose de KCl para os teores no solo de Ca^{+2} e Mg^{+2} para 0-20 cm e para Mg^{+2} de 20-40 cm (Apêndice I). No desdobramento da interação tripla entre dose de KCl e tipo de cobertura e entre dose de KCl e forma de correção, os resultados apresentaram-se semelhantes ao que foi discutido para a interação dupla entre forma de correção e tipo de cobertura (Tabela 7). No caso do desdobramento da interação tripla entre forma de correção e tipo de cobertura não ocorreu resposta às doses de KCl para esses teores, pois apesar de alguns resultados serem significativos, apresentaram coeficientes de determinação (R^2) menores do que 60.

Ocorreu interação dupla entre as formas de correção e doses de KCl para os teores de K^+ para 20-40 cm de profundidade (Apêndice I). As diferenças entre as formas de

correção apresentaram-se semelhantes ao observado na Tabela 7, com os teores de K^+ apresentando-se superiores para a correção total inicial nessa profundidade. Os teores de K^+ para a correção total inicial não apresentaram significância pelo teste F, enquanto para a correção parcela anual eles foram significativos (Figura 5). Essa ausência de significância, nessa profundidade, para a correção total inicial, possivelmente ocorreu pela maior aplicação de KCl na implantação do experimento e pela inversão da leiva, que auxiliaram na homogeneização dos teores de K^+ . Como na correção parcelada anual a aplicação de KCl na implantação do experimento foi menor e realizada superficialmente, além da ausência de movimentação do solo, a aplicação residual das doses de KCl alteram os teores de K^+ na profundidade de 20-40 cm (Figura 5). Para a camada de 0-20 cm não houve alteração nos teores K^+ (Apêndice I), para as duas formas de correções, possivelmente pela ocorrência de teores adequados desse elemento (Sousa & Lobato, 2007), como pode ser verificado na Tabela 7.

4.3 RENDIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DA SOJA

4.3.1 Rendimento da soja

4.3.1.1 Tipo de cobertura

A análise de variância para o rendimento de grãos de soja demonstrou que houve diferença significativa para o fator isolado tipo de cobertura (Apêndice C).

As subparcelas mantidas sob o cultivo de *B. brizantha* demonstraram maior rendimento da soja em relação às demais áreas (Tabela 9), com diferença de rendimento médio em favor das áreas de *B. brizantha* variando entre 18% (vegetação espontânea) até 34% (*B. ruziziensis*). São relativamente recentes os estudos acerca da influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo sobre a produtividade de culturas cultivadas em sucessão (Silveira et al., 2005a), principalmente sobre o rendimento de soja em palhadas de braquiária em SPD (Kluthcouski & Stone, 2003). Broch et al. (1997) evidenciaram os melhores rendimentos de soja em palhada de *B. brizantha* (3.000,00 kg ha⁻¹), depois em *B. decumbens* (2.750,00 kg ha⁻¹), com o pior no plantio após vegetação espontânea (2.600,00 kg ha⁻¹). Esses resultados estão próximos aos obtidos, embora a produtividade de soja após *B. brizantha* e vegetação espontânea, com cerca de 15% de

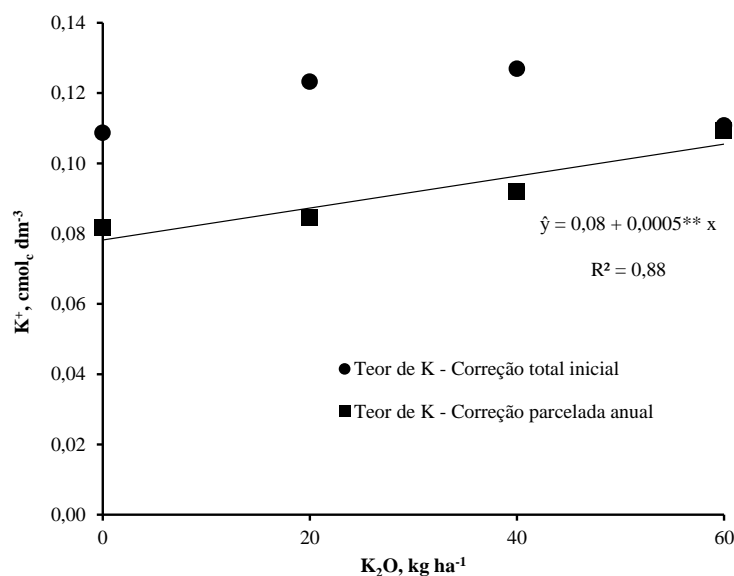


Figura 5. Relação entre os teores de K^+ no solo e as doses de KCl, equivalentes a 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} e 60 kg ha^{-1} de K_2O , para as correções total inicial e parcelada anual, na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Safrá 2009/2010). ** significativo com $P < 0,001$ pelo teste F.

Tabela 9. Rendimento de grãos da cultura da soja, em kg ha^{-1} , submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (safrá 2009/2010).

Correção do solo	Tipos de cobertura vegetal do solo				Média
	<i>B. brizantha</i>	Vegetação espontânea	<i>B. ruziziensis</i>	Restos culturais de sorgo	
Total inicial	3.218,26	2.732,51	2.300,35	2.450,34	2.675,37a
Parcelada anual	3.349,83	2.829,95	2.588,76	2.600,33	2.842,22a
Média	3.284,05A	2.781,23B	2.444,56B	2.525,34B	-

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

diferença, sejam aqui superiores aos rendimentos desses autores (Tabela 9). Porém, em estudo realizado por Merlim (2008), o qual comparou a produtividade de soja cultivada em palhada de *B. ruziziensis* e na sua ausência, observou-se médias entre $2.700,00 \text{ kg ha}^{-1}$ e $3.330,00 \text{ kg ha}^{-1}$, para ambas as condições.

Nunes et al. (2006) observaram melhores produtividades do feijoeiro quando cultivado após capim Mombaça ($750,00 \text{ kg ha}^{-1}$), *B. brizantha* ($650,00 \text{ kg ha}^{-1}$), *B. decumbens* ($590,00 \text{ kg ha}^{-1}$) e capim Tanzânia ($570,00 \text{ kg ha}^{-1}$), quando comparados com uma área de vegetação espontânea ($393,00 \text{ kg ha}^{-1}$). Justamente nesses tratamentos foram obtidos os maiores valores de biomassa seca para o capim Mombaça ($6.480,00 \text{ kg ha}^{-1}$), *B. brizantha* ($6.200,00 \text{ kg ha}^{-1}$), *B. decumbens* ($11.170,00 \text{ kg ha}^{-1}$) e capim Tanzânia ($11.000,00 \text{ kg ha}^{-1}$), quando comparados com a vegetação espontânea ($4.550,00 \text{ kg ha}^{-1}$).

Além disso, citam que apenas essas gramíneas superaram $6.000,00 \text{ kg ha}^{-1}$, considerado como a quantidade mínima ideal de palhada, para cobertura do solo no sistema plantio direto (Denardin & Kochhann, 1993; Darolt, 1998; Alvarenga et al., 2001).

A elevação dos rendimentos de grãos, em plantio subsequente ao cultivo de gramíneas como planta de cobertura, podem ser explicados pelos resultados de Oliveira et al. (2002b). O maior rendimento de grão de feijoeiro foi obtido no tratamento com milho (640,00 kg ha^{-1}), em comparação com mucuna-preta (350,00 kg ha^{-1}) e feijão-de-porco (340,00 kg ha^{-1}). Esses autores citaram que a elevada quantidade de biomassa seca produzida pelo milho (14.180,00 kg ha^{-1}), em contraste com aquelas obtidas com a mucuna-preta (1.090,00 kg ha^{-1}) e o feijão-de-porco (3.430,00 kg ha^{-1}), apresentaram elevado acúmulo de macro e micronutrientes, e a alta relação C/N do milho (Calegari et al., 1993), possibilitaram maior tempo de permanência da palhada na superfície do solo, contribuindo para o maior rendimento de grãos do feijoeiro sob sistema plantio direto. Como observado nas condições desse experimento, nos tratamentos com produção superior de biomassa seca pode ter ocorrido maior cobertura do solo, menor evaporação e, conseqüentemente, aumento da capacidade de armazenamento de água da chuva, que favoreceu o crescimento das plantas.

4.3.1.2 Correção do solo

Verificou-se que na análise de variância, para o rendimento de grãos de soja, não houve diferença significativa para os tipos de correção do solo (Apêndice C). Assim como ocorreu para a produção dos tipos de cobertura, o rendimento da soja implantada após as coberturas apresentou-se semelhante, quando submetida às formas de correção total inicial e parcelada anual (Tabela 9).

Geralmente o calcário incorporado, em camadas de até 30 cm, tem apresentado respostas positivas na produção de soja (Oliveira & Pavan, 1996; Prado, 2003), especialmente quando ocorrerem veranicos nessa cultura (Dedecek, 1986), e até ausência de resposta dessa oleaginosa (Caires et al., 2003; Narimatsu, 2008). A elevação no rendimento da soja, com a incorporação profunda do calcário, em detrimento da incorporação superficial, ocorreu principalmente naqueles solos em que os teores de nutrientes eram inadequados, antes da implantação dos tratamentos, especialmente àqueles relacionados à acidez do solo.

Por outro lado, a ausência de movimentação do solo concentra os nutrientes em

camadas inferiores a 5 cm, devido ao contínuo uso do SPD (Sá et al., 2001). Essa maior concentração superficial de nutrientes, ocasionado pelo contínuo uso do SPD, e a aplicação superficial de calcário podem fornecer mais nutrientes e corrigir a acidificação mais próximos da camada de 0-20 cm, profundidade em que se concentraram a maioria das raízes (Canalli & Roloff, 1997), ocasionando o maior rendimento da soja com a calagem superficial.

Apesar desses resultados, os atributos químicos aqui avaliados apresentaram-se quase sempre com teores adequados e elevados (Sousa & Lobato, 2007), para a camada de 0 a 20 cm de profundidade. Isso ocorreu desde a implantação do experimento (Tabela 1) até a última amostragem realizada (Tabelas 7 e 8), explicando a semelhança obtida entre as duas formas de correção do solo, quanto ao rendimento de grãos de soja (Tabela 9). Além disso, como a precipitação pluvial foi bem distribuída durante o período de cultivo (Figura 1), atendendo às necessidades hídricas para a produção máxima da cultura da soja (Doorenbos & Kassam, 1994), isso não influenciou nenhuma das formas de correção do solo quanto ao rendimento da soja.

4.3.1.3 Dose de Potássio

Para o rendimento dos grãos de soja não houve diferença significativa identificada na análise de variância para a dose de KCl (Apêndice C). Como o teste F apresentou um valor de $p=0,18$ para esse fator, realizou-se a sua análise de regressão. O incremento nas doses de KCl não influenciou o rendimento dos grãos da soja (Figura 6).

Diversos trabalhos têm obtido respostas à aplicação de K, principalmente quando os seus níveis estão baixos no solo (Borkert et al., 1993a; Borkert et al., 1993b; Scherer, 1998b; Lana et al., 2002). Scherer (1998b), avaliando um experimento de 12 anos de cultivo, obteve respostas à aplicação de K somente após cinco anos. Isso ocorreu devido ao alto teor de K no solo quando da implantação do experimento, sendo, portanto esse o período que levou para a sua exaustão no solo. No caso desse experimento devido à ocorrência de teores adequados de K (Sousa & Lobato, 2007), antes (Tabela 1) ou mesmo após uma das aplicações de KCl (Tabela 7), não ocorreu resposta após duas safras de aplicação dessas doses (2008/2009 e 2009/2010).

Lana et al. (2002) obtiveram, em um Latossolo Vermelho eutrófico, curvas de regressão quadrática para a produtividade da soja em função das doses 0 kg ha^{-1} , 30 kg

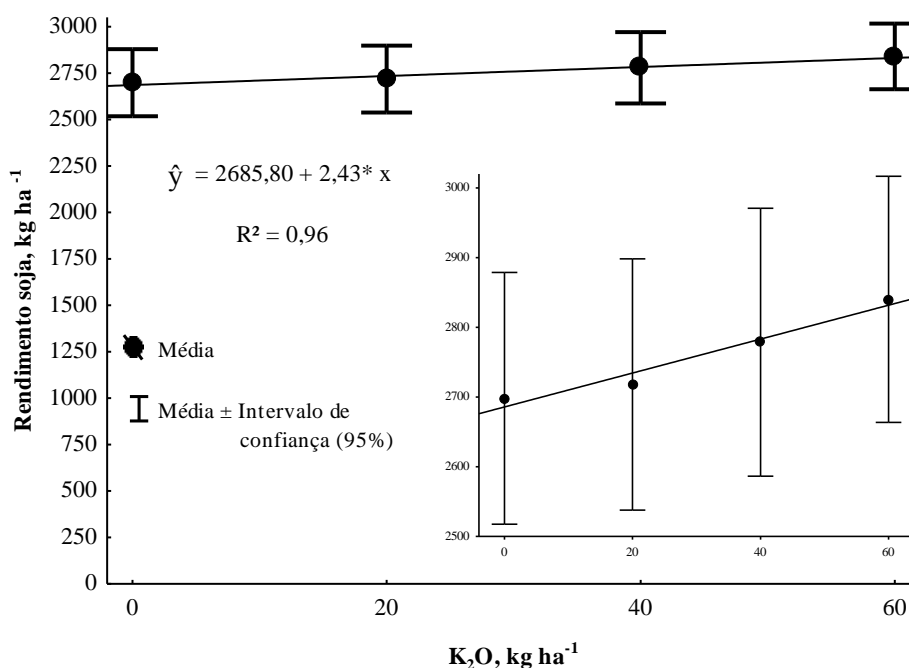


Figura 6. Relação entre os valores médios e intervalo de confiança (95%) do rendimento de grãos de soja e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (safra 2009/2010). * significativo com P<0,05 pelo teste F.

ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, quando aplicadas no plantio. Borkert et al. (1993a; 1993b) relataram, em um Latossolo Roxo distrófico, correlação para a equação de Mitscherlich na produção de grãos de soja em função das doses 0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 160 kg ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicadas a lanço e no sulco de semeadura. Esses resultados possivelmente foram diferentes daqueles aqui observados porque se utilizaram de maiores doses de potássio.

4.3.2 Estado nutricional da soja

4.3.2.1 Tipo de cobertura

O maior rendimento da soja, após *B. brizantha*, foi explicado pelo maior rendimento de biomassa seca dessa cobertura (Tabela 5), disponibilizando maior quantidade de nutrientes via reciclagem para a soja (Tabela 6), aliado ao fato dessa gramínea ter sido cultivada por dois anos na área. O maior acúmulo de nutrientes na parte aérea da *B. brizantha* (Tabela 6) refletiu-se nas elevações dos teores foliares da soja para P e K (Tabela 10), comprovando o grande potencial dessa forrageira para reciclagem de nutrientes, que podem ser disponibilizados para a soja como cultura subsequente. Dessa

Tabela 10. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn para cultura da soja, durante o período da floração, submetidos aos tratamentos de duas formas de correção do solo e quatro tipos de cobertura vegetal do solo (safra 2009/2010).

Correção do solo	Tipos de cobertura vegetal do solo				Média
	<i>B. brizantha</i>	Vegetação espontânea	<i>B. ruziziensis</i>	Restos culturais de sorgo	
Teor de nutrientes da parte aérea da soja					
N, g kg ⁻¹					
Total inicial	38,66	36,97	34,95	37,13	36,93 a
Parcelada anual	38,28	33,69	35,49	35,11	35,64 a
Média	38,47 A	35,33 A	35,22 A	36,12 A	-
P, g kg ⁻¹					
Total inicial	3,98	2,95	3,14	3,02	3,27 a
Parcelada anual	3,92	3,00	3,10	3,07	3,27 a
Média	3,95 A	2,97 B	3,12 B	3,05 B	-
K, g kg ⁻¹					
Total inicial	21,00	18,86	19,31	18,55	19,43 a
Parcelada anual	22,14	18,80	20,46	17,99	19,85 a
Média	21,57 A	18,83 B	19,89 AB	18,27 B	-
Ca, g kg ⁻¹					
Total inicial	9,33	9,86	8,92	9,71	9,45 a
Parcelada anual	9,33	10,05	9,75	10,03	9,79 a
Média	9,33 A	9,95 A	9,33 A	9,87 A	-
Mg, g kg ⁻¹					
Total inicial	4,49	4,21	4,49	4,29	4,37 a
Parcelada anual	3,91	4,03	3,96	3,84	3,94 a
Média	4,20 A	4,12 A	4,23 A	4,07 A	-
Fe, mg kg ⁻¹					
Total inicial	116,90	145,78	114,33	219,90	149,23 a
Parcelada anual	89,39	144,61	95,67	140,79	117,61 a
Média	103,14 B	145,19 AB	105,00 B	180,34 A	-
Mn, mg kg ⁻¹					
Total inicial	17,18	16,88	16,49	21,53	18,02 a
Parcelada anual	16,93	16,69	17,79	18,03	17,36 a
Média	17,05 A	16,78 A	17,14 A	19,78 A	-
Cu, mg kg ⁻¹					
Total inicial	8,79	5,27	5,16	5,71	6,23 a
Parcelada anual	9,18	5,69	5,71	6,34	6,73 a
Média	8,98 A	5,48 B	5,43 B	6,03 B	-
Zn, mg kg ⁻¹					
Total inicial	28,63	24,96	26,48	23,74	25,95 a
Parcelada anual	31,08	25,58	28,58	25,48	27,68 a
Média	29,85 A	25,27 B	27,53 AB	24,61 B	-

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

forma, como relatado por Lopes (2008), a alternância de cultivos agrícolas com pastagens vai ao encontro da busca pela construção de sistemas sustentáveis para produção animal e

vegetal, possibilitando melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicas do solo, com menor revolvimento e maior diversidade de resíduos para renovar a sua matéria orgânica. Como as espécies de plantas de cobertura do solo proporcionam efeito residual variável (Silveira et al., 2005a), sugere-se o uso de plantas com maior potencialidade para o aumento da produtividade das culturas de grande valor econômico em sucessão (Monegat, 1991), como o caso da *B. brizantha*.

A *B. brizantha* é uma forrageira com elevada capacidade de aproveitamento de adubação residual. Mateus (2007) observou aumento linear na produção dessa forragem avaliada no mês de outubro, decorrente da adubação nitrogenada aplicada em dezembro do ano anterior nas culturas de milho e sorgo. O uso de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que estas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial (Bernardes et al., 2010), pela decomposição dos seus resíduos (Duda et al., 2003).

Além disso, já foi relatado que a *B. humidicula* inibe a nitrificação pela substância brachialactone, sendo responsável pela manutenção do nitrogênio no solo (Subbarao et al., 2009), e que a *B. brizantha* pode absorver K não-trocável do solo (Garcia et al., 2008), indicando o grande potencial que essas gramíneas possuem na manutenção e reciclagem de nutrientes.

4.3.2.2 Correção do solo

Os teores foliares para os nutrientes avaliados para a cultura da soja não foram alterados pelas formas de correção do solo (Tabela 10). Assim, apesar das diferenças observadas entre os tipos de correções nas análises de solo (Tabelas 7 e 8), isso teve pouca influência no rendimento da cultura da soja (Tabela 9) e nas suas análises foliares (Tabela 10), após dois anos de sua adoção. Essa baixa variação pode ser explicado pelos teores adequados dos nutrientes, no solo na profundidade de 0 a 20 cm (Ribeiro et al., 1999; Sousa & Lobato, 2007), desde a época da implantação do experimento (Tabela 1) até o momento (Tabelas 7, 8 e 10) e nas folhas de soja (Malavolta et al., 1997; Embrapa, 2008). As raízes de soja nesse Latossolo Vermelho, provavelmente, não sofreram restrições em profundidade no período analisado, portanto não ocasionando diferenças entre os tipos de correções.

Oliveira & Pavan (1996) não verificaram, na média de quatro cultivos de soja

em um Latossolo Vermelho escuro, acréscimos na produção de grãos com a aplicação incorporada de 5.500,00 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico a 20 cm, em relação à superficial aplicada 1/4 por ano e durante quatro anos. Caires et. al. (2003) avaliando um Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa, mantido até então sob pastagem e cultivado durante três anos com soja, também não obteve diferença de produtividade para essa cultura entre as aplicações de calcário dolomítico (4.500,00 kg ha⁻¹ de calcário em dose total incorporada a 20 cm e 1/3 da dose por ano, aplicada na superfície, durante três anos). Assim como observado nas condições deste trabalho, Caires et. al. (2003) relataram que os efeitos benéficos da calagem na correção da acidez do subsolo foram pouco pronunciados e mais evidenciados com a incorporação do calcário no solo. Verificaram ainda que, assim como nas condições deste experimento, os teores de nutrientes nas folhas de soja foram pouco influenciados pela calagem, independentemente do modo de aplicação e se mantiveram sempre em níveis considerados normais para a cultura (Malavolta et al., 1997). Moreira et al. (2001) avaliaram um Latossolo Vermelho sob tempos de cultivo de três, seis e nove anos sob SPD, com diferentes doses de calcário para cada ano e sob calagem superficial e incorporada a 20 cm. Eles também confirmaram que os rendimentos de soja e milho foram semelhantes entre as formas de calagens. Esses autores citam que as culturas não responderam à calagem possivelmente porque a saturação por bases inicial (50% na camada de 0 a 20 cm) já foi suficiente para a soja e milho. Como esse valor está dentro do intervalo de saturação por bases de 40 a 60%, que é o recomendado para a região do Cerrado nessa camada (Sousa & Lobato, 2007), esse fato também pode explicar os resultados obtidos. A saturação observada tanto na introdução do experimento (Tabela 1), quanto nas áreas com as duas formas de correção, durante a coleta da safra 2009/2010 (Tabela 7), situou-se nesse intervalo.

4.3.2.3 Dose de potássio

Ocorreu diferença significativa para as doses de KCl quanto aos teores foliares de K e Mg para a soja, não havendo significância para os teores de Ca (Apêndice J). O teor foliar de K apresentou resposta linear crescente às doses de KCl, o teor de Ca não respondeu ao KCl, enquanto o teor de Mg respondeu inversamente às essas doses (Figura 7). Ocorreram alterações nos teores foliares de K e Mg, com a elevação das doses de KCl, apesar da verificação de níveis adequados de K, Ca e Mg (Sousa & Lobato, 2007) em cada uma das doses (Figura 7).

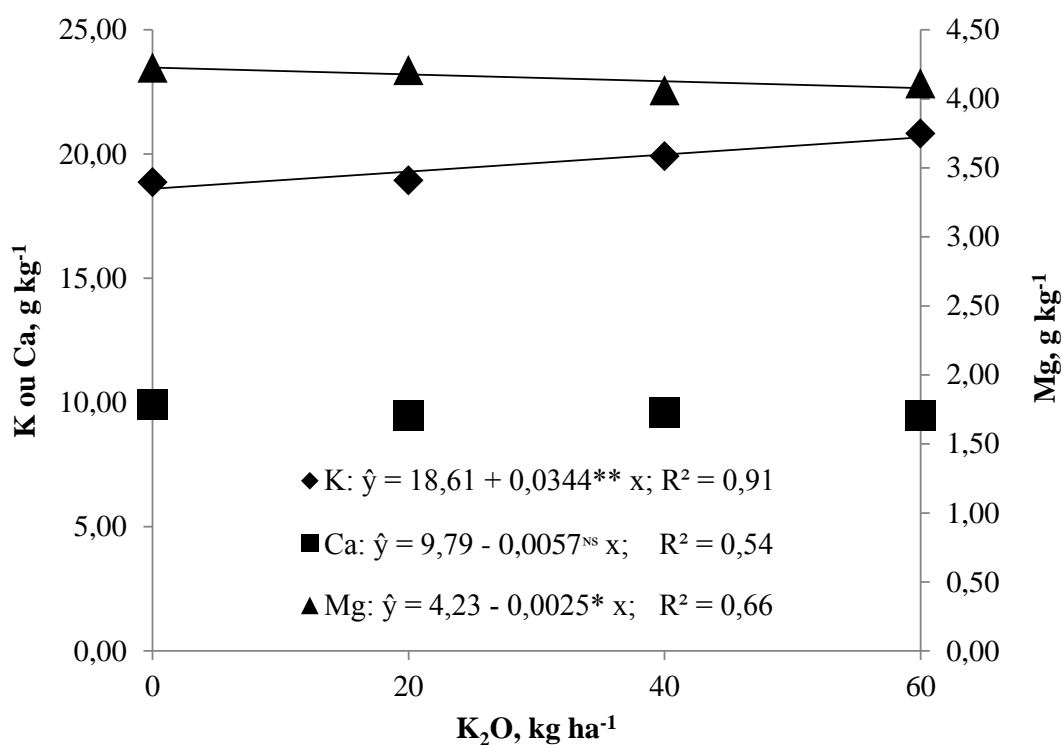


Figura 7. Relação entre os teores foliares de K, Ca e Mg da cultura da soja e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Safrá 2009/2010). ^{ns} - não significativo, * - significativo com P<0,05 e ** - significativo com P<0,001 pelo teste F.

O Ca e o Mg geralmente interagem com o K (Omar & El Kobbia, 1966; Malavolta et al., 1997). Segundo Malavolta et al. (1997), esses elementos competem pelos mesmos sítios de absorção, sendo essa inibição do tipo competitiva. Scherer (1998a) verificou efeito depressivo de K sobre a concentração de Mg nas folhas de soja, enquanto a concentração de Ca não foi alterada. A absorção de Mg pelas plantas é mais uma função da disponibilidade de K do que propriamente de Mg (Rosolem et al., 1992), confirmando a interação negativa observada por diversos autores (Mascarenhas et al., 1988; Rosolem et al., 1992; Scherer, 1998a; Oliveira et al., 2001; Moreira et al., 2005). Scherer (1998a) evidenciaram ainda a ocorrência do efeito substitutivo entre Mg e K, enquanto para o Ca parece mais um efeito de concentração ou de diluição, em função da redução ou aumento do volume de biomassa vegetal produzida. Oliveira et al. (2001) também verificou maior efeito antagônico do K sobre a absorção de Mg do que sobre a de Ca para a soja.

A relação entre (Ca+Mg)/K e as doses de KCl, para os teores foliares da soja, comprovaram a influência da redução dos teores de Ca e Mg provocados pelo K (Apêndice K e Figura 8). Essa relação apresentou redução linear com a elevação das doses de KCl (Figura 8). Mascarenhas et al., 2000 (2000), apesar de utilizar KCl em doses equivalentes a

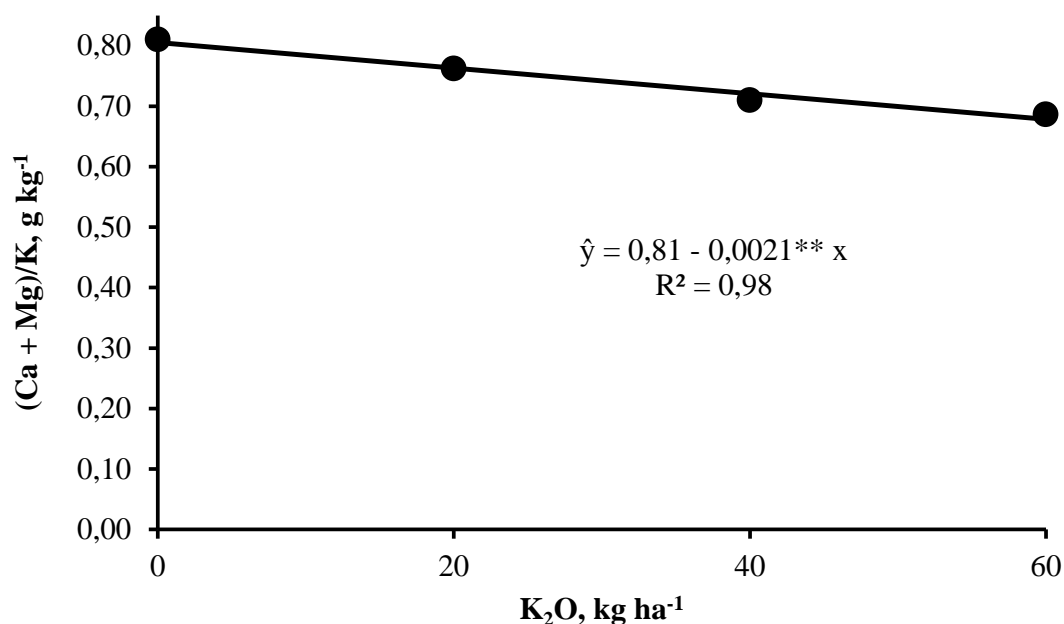


Figura 8. Relação entre (Ca+Mg)/K e as doses de KCl equivalentes a 0 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O para os teores foliares da cultura da soja (safra 2009/2010). ** significativo com P<0,001 pelo teste F.

0 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹, 300 kg ha⁻¹, 450 kg ha⁻¹ e 600 kg ha⁻¹ de K₂O, observaram apenas uma tendência para a redução dessa relação nas folhas de soja em função das doses de adubação potássica. Esses autores citam como uma relação adequada os valores entre 1,40 e 1,07 nas doses de 300,00 kg ha⁻¹ a 450,00 kg ha⁻¹ de K₂O quando foram obtidas altas produções. A relação aqui observada variou entre 0,65 e 0,81, portanto abaixo do indicado por esses autores.

Os resultados demonstraram o grande potencial da *B. brizantha* e *B. ruziziensis* com recicladoras de nutrientes para o cultivo subsequente de soja. O uso dessas gramíneas auxiliou principalmente na retenção de potássio, podendo diminuir os efeitos de sua lixiviação. Como a quantidade acumulada em suas folhas superaram as adubações requeridas anualmente pelas culturas deve-se procurar utilizar isso no cálculo das adubações, além de sincronizar o ciclo das culturas com a disponibilidade dos nutrientes pelas palhadas dessas forrageiras.

A alternância entre dois anos de pastagem de *B. brizantha*, retornado com o cultivo de soja em seguida, demonstrou os maiores efeitos sobre o rendimento da soja. Isso confirma os benefícios do uso da integração lavoura-pecuária, principalmente da rotação entre as duas formas de exploração do solo. Essa é uma forma que deve ser estimulada na região, já que tem se utilizado, com mais frequência, as braquiárias como plantas de

cobertura durante o inverno.

Ocorreu resposta às doses de potássio apenas para algumas das variáveis testadas. Futuramente indica-se a utilização de maiores quantidades desse nutriente para verificar o efeito dessas doses sobre os tipos de cobertura, sobre as culturas de verão e de inverno e sobre as formas de correção do solo. São necessárias avaliações futuras do potássio não trocável no solo, principalmente para verificar os efeitos do uso de plantas de cobertura com elevado rendimento, como as braquiárias, na sua absorção do solo.

Ocorre a necessidade da realização e manutenção de experimentos de longa duração, assim como esse que está sendo executado. Nessas avaliações além dos dados serem coletados ao longo de um maior período, fornecendo maiores subsídios às conclusões, é realizado em uma região que possui poucos estudos voltados para essas formas de manejo e fertilização.

5 CONCLUSÃO

As formas de correção total inicial e parcelada anual não influenciam o rendimento da soja.

A *B. brizantha* produz a maior quantidade de biomassa seca, sob a qual ocorre o maior rendimento de soja.

O potássio é o nutriente de maior acúmulo foliar na *B. brizantha* e *B. ruziziensis*.

A elevação das doses de cloreto de potássio não tem influência sobre o rendimento da soja.

O rendimento de grãos de soja é mais afetado pelo tipo de cobertura e manejo do solo do que pela forma de correção e dose de potássio.

6 REFERÊNCIAS

ADÁMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: Embrapa CPAC, 1987. cap. 2, p. 33-74.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoreira e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. 1. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 1, p. 25-58.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 923-934, 2005.

ALONÇO, A. S. **Influência da incorporação de adubos e corretivo em profundidade, na cultura do milho (*Zea mays* L.), sob déficit hídrico induzido em solo de cerrado**. 1990. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.

ALTMANN, N. Rotação de culturas: base da cobertura permanente do solo e da sustentabilidade em SPD. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 29-30.

ALTMANN, N. Impacto e sustentabilidade do plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 8., 2002, Águas de Lindóia. **Resumos....** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2002. p. 51-53.

ALVARENGA, R. C.; LARA-CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMARAL, A. S. **Reaplicação do calcário em sistema plantio direto consolidado**. 1998. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 695-702, 2001.

APDC – Associação do Plantio Direto no Cerrado. **Área de plantio direto no Brasil e no cerrado até ano de 2001**. Brasília: Associação do Plantio Direto no Cerrado, 2003. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/port/plantiodireto.html>>. Acesso em: 14 jun. 2003.

ASSIS, C. P. **Carbono e nitrogênio em frações da matéria orgânica de amostras de solo e agregados de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos e manejos.** 2004. 56 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)—Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

ASSIS, R. L. **Avaliação dos atributos físicos e da compressibilidade de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa.** 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Energia na Agricultura)—Departamento de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

BARBERO, L. M.; CECATO, U.; CONSTANTIN, J.; GALBEIRO, S.; GOMES, J. A. N.; SICHIERI, F. R. Produtividade de forragem e de grãos de soja num sistema de integração lavoura pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA: INTENSIFICAÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. 1 CD ROM.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1-2, p. 101-109, 2000.

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; AGUIAR, R. A.; MESQUITA, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; NETO, M. S.; METAY, A.; PERRIN, A. S.; SCOPEL, E.; RAZAFIMBELO, T.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Avignon, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2006.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. M.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de um Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.

BORKERT, C.; FARIAS, J.; SFREDO, G.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo álico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1119-1129, 1997.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA, J. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; SILVA, D. N. Calibração de potássio trocável para

soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 223-226, 1993a.

BORKERT, C. M.; SILVA, D. N.; SFREDO, G. J. Calibração de potássio nas folhas de soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-230, 1993b.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004.

BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura-pecuária**: plantio direto da soja sobre pastagens na integração agropecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. 24 p. (Fundação MS. Informativo Técnico, 01/97).

BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 97-105, 2003.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1029-1040, 2001.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Ed.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 1-56.

CAMARGO, A. P.; RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; ROCHA, T. R.; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H. A. A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 7, p. 1007-1012, 1982.

CANALLI, L. B.; ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 99-104, 1997.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

CARVALHO, M. A. C.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, 2004.

CARVALHO, M. C. S.; BERNARDI, A. C.; FERREIRA, G. B. O potássio na cultura do algodoeiro. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005. cap. 14, p. 343-402.

CASSOL, L. C. **Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo**. 1995. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

CECCON, G. Estado da arte na produção de palha com milho safrinha em consórcio com *Brachiaria*. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 17, n. 102, p. 3-7, 2007.

CENTURION, J. F.; DEMATTÉ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 267-270, 1985.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C. Ciclo do carbono e efeito estufa. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, SEQUESTRO DE CARBONO E QUALIDADE DA ÁGUA, 1., 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: FEBRAPDP, 2005. p. 15-19.

CERRI, C. C.; MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B. Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados às pastagens da Amazônia brasileira. **Investigation Agrária**, Madri, v. 1, n. 1, p. 95-102, 1992.

CHIODEROLI, C. A. **Consociação de braquiárias com milho outonal em sistema plantio direto como cultura antecessora da soja de verão na integração agricultura-pecuária**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004.

COBUCCI, T.; WRUCK, F. J.; KLUTHCOUSKI, J.; CAVALCANTE, L. M.; JUNIOR, G. B. M.; CARNEVALLI, R. A.; TEIXEIRA, S. R.; POLINÁRIA, A.; TEIXEIRA, M. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 64-79, 2007.

CONYERS, M. K.; HEENAN, D. P.; MCGHIE, W. J.; POILE, G. P. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. **Soil and Tillage Research**,

Amsterdam, v. 72, n. 1, p. 85-94, 2003.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja-trigo em sistema de plantio direto**. 2000. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 1, n. 100, p. 10-14, 2007.

CTIC – Conservation Technology Information Center. **National crop residue management survey**. West Lafayette: Conservation Technology Information Center, 2011. Disponível em: [http://www.conservationinformation.org/media/pdf/National%20Summary%202008%20\(Amendment\).pdf](http://www.conservationinformation.org/media/pdf/National%20Summary%202008%20(Amendment).pdf). Acesso em: 24 mar. 2011.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DAROLT, M. R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: DAROLT, M. R. (Ed.). **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: Iapar, 1998. p. 16-45. (Circular, 101).

DEDECEK, R. A. P., J.; IKE, M. & IWATA, F. Efeito de profundidade de aração inicial, modos de adubação corretiva e sistemas de preparo do solo na produção de soja em solo de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 173-180, 1986.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO (Ed.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT/Fecotrig/Fundação ABC/Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. Development and current status of no-till adoption in the world. In: TRIENNIAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE, 18., 2009, Izmir. **Proceedings...** Izmir: Research Organization (ISTRO), 2009. p. 1–16. 1 CD ROM.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006a. 412 p.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil - 2007. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006b. 225 p. (Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de Produção, 11).
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil - 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262 p. (Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de Produção, 13).
- FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.
- FEBRAPDP – Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. **Área de plantio direto no Brasil e no mundo**. Brasília: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2011. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/>>. Acesso em: 24 mar. 2011.
- FERNANDES, L. O.; QUEIROZ, D. S.; REIS, R. A. Produção animal em sistemas tradicional e de integração. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 40-51, 2007.
- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 66 p.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2005.
- FIGUEIREDO, C. C. D.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 551-562, 2007.
- FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Potassium balance in soybean grown under no-till. In: INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 4., 2004, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: ICSS, 2004. 1 CD ROM.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 40 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).
- FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 533-542, 1999a.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, 1999b.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. cap. 8, p. 185-226.

GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, 2007.

GARCIA, R. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.

GAZOLA, E. **Desempenho de cultivares transgênicas de soja em sucessão a culturas de inverno em semeadura direta**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

GOMES, A. S.; VERNETTI JÚNIOR, F.; SILVEIRA, L. D. N. O que rende a cobertura morta. **A Granja**, São Paulo, v. 53, n. 588, p. 47-49, 1997.

GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S.; SILVA, E. C.; LAZARINI, E.; DE SÁ, M. E. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de biomas do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 01 dez. 2010.

JORGE, R. F.; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R.; RODRIGUES, G. M.; GONTIJO, I.; NASCENTES, I. S.; COSTA, A. M.; SILVA JUNIOR, A. M.; GUIMARÃES, E. C. Influência dos sistemas de manejo sobre atributos físicos do solo de cerrado no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD ROM.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, L. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 395-401, 1995.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21-28, 2006.

KLIEMANN, H. J.; MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; MORAES, M. F. Relações da produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* com os índices de disponibilidade de nutrientes em solos sob o sistema barreira de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**,

Goiânia, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2003.

KLIEMANN, H. J.; MALAVOLTA, E. Disponibilidade de enxofre em solos brasileiros. I. Avaliação dos potenciais de mineralização de nitrogênio e enxofre por incubação aberta. **Anais Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v. 23, n. 1, p. 129-144, 1993.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e na características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. Opções e vantagens da integração lavoura-pecuária e a produção de forragens na entressafra. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 16-29, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 18, p. 499-522.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 4, p. 129-142.

LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R. K., J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (Ed.). **Soil management and greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 293-307.

LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, O. T.; LIMA, L. M. L. D.; JÚNIOR, L. A. Z. Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 17-23, 2002.

LANDERS, J. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação do Plantio Direto no Cerrado, 1995. 261 p.

LANDERS, J. N. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto**. Brasília: Associação Brasileira de Ensino Agrícola Superior, 2005. 113 p.

LANDERS, J. N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience**. Roma: FAO, 2007. v. 5, 102 p.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háptico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1033-1044, 2004.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, n. 4, p. 742-747, 1977.

LOPES, M. L. T. **Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho de novilhos superprecoces e rendimento subsequente da cultura de soja**. 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia: Plantas Forrageiras)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LOPES, P. R. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do tipo e qualidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P. C. F.; TREIN, C.; COSTA, J.; CAUDURO, G.; BARBOSA, C.; AGUINAGA, A. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 795-801, 2008.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas integrados de lavoura-pecuária na região dos cerrados do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA: INTENSIFICAÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. 1 CD ROM.

MAGALHÃES, R. T.; OLIVEIRA, I. P.; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 13-20, 2002.

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

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M. D.; SANTOS JUNIOR, J. D. D. G. D.; SÁ, M. A. C. D.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: MARSCHNER, H. (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. v. 2, p. 229-312.

MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A.; MIRANDA, M. A. C.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BRAGA, N. R. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 34-43, 1988.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; CARMELLO, Q. A. D. C.; GALLO, P. B.; AMBROSANO, G. M. B. Calcário e potássio para a cultura de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 445-449, 2000.

MATEUS, G. P. **Doses de nitrogênio na cultura do milho e do sorgo em consórcio com**

forrageiras. 2007. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MEDEIROS, G. B. Evolução e estado da arte do cultivo mínimo na agricultura. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IPEF, 1995. p. 8-15.

MENEZES, C. C. E. D.; FERREIRA FILHO, W. C. Dados de precipitação pluviométrica no CTC. In: WORKSHOP DO CENTRO TECNOLÓGICO COMIGO, 9., 2010, Rio Verde. **Resultados 2010...** Rio Verde: Comigo, 2010. p. 7.

MENEZES, L. A. S. **Alteração de propriedades químicas e físicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura**. 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

MENEZES, L. A. S.; VERDE, C. R.; LEANDRO, W. M.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; DE BARCELLOS FERREIRA, A. C.; DAS GRAÇAS SANTANA, J.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 7-12, 2009.

MENGEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. **Plant and Soil**, Heidelberg, v. 181, n. 1, p. 83-93, 1996.

MERLIN, A. **Disponibilidade de fósforo para a soja cultivada sobre braquiária**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MIELNICZUK, J. Interações manejo do solo-química. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS, 2004. 1 CD ROM.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Evaluation of plant residues on the mobility of surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 251-256, 2002.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Editora do autor, 1991. 337 p.

MORAES, R. N. S. **Decomposição de palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G.; EVANGELISTA, A. R. Relação cálcio e magnésio na fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico cultivado com alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 786-794, 2005.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 71-81, 2001.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NARIMATSU, K. C. P. **Plantio direto de soja sobre *Brachiaria brizantha* no sistema integração agricultura-pecuária**. 2004. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

NARIMATSU, K. C. P. **Plantio direto de soja e milho no sistema integração agricultura-pecuária: condicionamento do solo e rotação de culturas**. 2008. 181 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Sistemas de Produção)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 65-70, 1997.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1-2, p. 47-57, 1996.

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

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2002a. v. 2, p. 393-486.

OLIVEIRA, G. C. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado**. 2002a. 78 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas)–Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002a.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 327-336, 2004.

OLIVEIRA, M. F. B.; BENEZ, S. H. A cultura da soja implantada em diferentes manejos

do solo em area de pastagem degradada. **Energia na Agricultura**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 13-22, 2002.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002b. cap. 10, p. 245-256.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002b.

OMAR, M. A.; EL KOBBA, T. Some observations on the interrelationships of potassium and magnesium. **Soil Science**, Amsterdam, v. 101, n. 6, p. 437-440, 1966.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 455-463, 2009.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

PAULETTI, V. Disponibilidade e resposta de culturas a micronutrientes em solos arenosos. In: FRIES, M. R. (Ed.). **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: Ed. Pallotti, 1998. p. 82-103.

PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 33-38, 1984.

PIERCE, F. J.; FORTIN, M. C.; STATON, M. J. Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p. 1782-1787, 1994.

PINKERTON, A.; SIMPSON, J. Interactions of surface drying and subsurface nutrients affecting plant growth on acidic soil profiles from an old pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 26, n. 6, p. 681-689, 1986.

PRADO, R. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 478-482, 2003.

PRADO, R.; ROQUE, C. Uso alternativo da grade aradora superpesada na correção da acidez do solo em profundidade e na produção da aveia-preta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 275-281, 2002.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Uso da grade aradora superpesada, pesada e arado de discos na incorporação de calcário em profundidade e na produção de milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 167-176, 2004.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285 p.

REDDY, K. N. Impact of rye cover crop and herbicides on weeds, yield, and net return in narrow-row transgenic and conventional soybean (*Glycine Max*). **Weed Technology**, Washington, v. 17, n. 1, p. 28-35, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Modificações químicas de solo arenoso submetido ao sistema plantio direto. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: SBCS, 1996. 1 CD ROM.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. 20. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 141 p.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 29-32, 1979.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 40-44, 1980.

ROSOLEM, C. A. Adubação potássica em semeadura direta. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 1., 1997, Dourados. **Resumos e Palestras...** Dourados: Embrapa CPAO, 1998. p. 1-12.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

ROSOLEM, C. A.; GARCIA, R. A.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milheto. **Revista**

Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 813-819, 2006.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; MAIA, I. G.; NAKAGAWA, J. Respostas da soja ao magnésio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 16, p. 47-54, 1992.

ROSOLEM, C. A.; MIYAZAWA, M.; FRANCHINI, J. C.; PAVAN, M. A.; COSTA, A. Soil acidity, pH and aluminum management in tropical soils: the brazilian experience. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu, 2004. p. 310-318.

ROSSATO, R. R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto**. 2004. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

ROSSI, C. Q. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Ciência do Solo)–Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Carbon sequestration in a plowed and no-tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. In: STOTT, D. E.; MOHTAR, R. H.; STEINHARDT, G. C. (Ed.). **Sustaining the global farm**. West Lafayette: Purdue University, 2001. p. 466-471.

SALTON, J. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 155 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; HERNANI, L. C. Integração lavoura pecuária: alternativa de rotação de cultura. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: APDC, 2001. p. 31-32.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa CPAO, 1998. 248 p. (Embrapa CPAO. Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).

SAMPLE, E. C.; SOPER, R. J.; RACZ, G. J. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 263-310.

SANCHEZ, P. A.; LOGAN, J. T. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Ed.). **Myths and science of soils in the tropics**. Madison: ASA and SSSA, 1992. p. 35-46. (SSSA. Special Publication, 29).

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Notas Científicas Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, H. P. D.; LHAMBY, J. C. B. Influência de culturas de inverno sobre o rendimento de grãos de soja cultivada em sistemas de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2001.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa SPI, 1997. 116 p.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo Húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 57-62, 1998a.

SCHERER, E. E. Resposta da soja à adubação potássica em Latossolo Húmico distrófico num período de doze anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 49-55, 1998b.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO. Indicadores econômicos: estatísticas básicas. **Economia & Desenvolvimento**, Goiânia, n. 29, p. 3, 2010.

SEPIN – Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação. **Regiões de planejamento do estado de Goiás**. Goiânia: Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação, 2007. Disponível em: http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewcad.asp?id_cad=5101&id_not=9. Acesso em: 18 fev. 2007.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 311-317, 1998.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005a.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

SILVEIRA, P. M.; SILVEIRA NETO, A. N.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, L. F. C. Efeito do preparo e de rotação de cultura em alguns atributos químicos de um Latossolo Vermelho distrófico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 85-91, 2005b.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,

Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C.; CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2057-2064, 2000.

SIMONETE, M. A.; VAHL, L. C.; FABRES, R. T. Efeito residual da adubação potássica do azevém sobre o arroz subsequente em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 721-727, 1998.

SOUSA, D. M. G. **Calagem e adubação da soja nos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1984. 9 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 38).

SOUSA, D. M. G.; CARVALHO, L. J. C. B.; MIRANDA, L. N. Correção de acidez do solo In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel/Embrapa CPAC, 1985. cap. 4, p. 99-127.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; MIRANDA, L. N. Correção do solo e adubação da cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 137-158.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. cap. 6, p. 147-168.

SOUSA, D. M. G.; RITCHEY, K. D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Potássio em solo de cerrado. II Balanço no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 33-36, 1979.

SOUZA, J. A. Amostragem de solo, correção e adubação no sistema integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 240, p. 80-95, 2007.

SPARKS, D. L.; HUANG, P. M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R. E. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Atlanta: Soil Science Society of America, 1985. p. 201-276.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 496 p.

SUBBARAO, G. V.; NAKAHARA, K.; HURTADO, M. P.; ONO, H.; MORETA, D. E.; SALCEDO, A. F.; YOSHIHASHI, A. T.; ISHIKAWA, T.; ISHITANI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; YOSHIDA, M.; RONDON, M.; RAO, I. M.; LASCANO, C. E.; BERRY, W. L.; ITO, O. Evidence for biological nitrification inhibition in *Brachiaria* pastures. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 106, n. 41, p. 17302-17307, 2009.

TANG, C.; ASSENG, S.; DIATLOFF, E.; RENGEL, Z. Modelling yield losses of aluminium-resistant and aluminium-sensitive wheat due to subsurface soil acidity: effects of rainfall, liming and nitrogen application. **Plant and Soil**, Heidelberg, v. 254, n. 2, p. 349-360, 2003.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de Latossolos Roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 271-278, 1997.

VIEIRA, F. T. S. **Produção da pastagem de inverno, rendimento animal e produtividade da soja em integração lavoura-pecuária**. 2004. 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)–Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WANDER, A. E.; SOUZA, R. S.; RICARDO, T. R.; SILVEIRA, P. M. Viabilidade econômica e riscos da rotação e consorciação de cultivos para a integração lavoura-pecuária em condições irrigadas no cerrado brasileiro. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 40, n. 5, p. 34-42, 2010.

APÊNDICES

- Apêndice A.** Resumo das fontes de variação utilizadas na tabela de análise de variância do programa estatístico Sisvar 5.1 para o experimento com os fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4 e 2x3x4. 86
- Apêndice B.** Resumo da análise de variância para a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010). 87
- Apêndice C.** Resumo da análise de variância para o rendimento de grãos da cultura de soja submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010). 88
- Apêndice D.** Resumo da análise de variância para a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x3x4, com n=96 (Safrá 2009/2010). 89
- Apêndice E.** Resumo da análise de variância para os teores e acúmulos dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg na parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura vegetal submetidos aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010). 90
- Apêndice F.** Resumo da análise de variância para os teores e acúmulos dos macronutrientes K, Ca e Mg na parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura vegetal submetidos aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x3x4, com n=96 (Safrá 2009/2010). 91
- Apêndice G.** Resumo da análise de variância para o pH CaCl₂, Al³⁺, saturação por alumínio (m), H+Al, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e saturação por bases (V) de um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, submetido aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010). 92

- Apêndice H.** Resumo da análise de variância para a CTC efetiva (CTC_{ef}), CTC pH 7,0 (CTC), matéria orgânica do solo (MOS), P disponível e os teores de Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} e Zn^{2+} de um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, submetido aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x4x4, com n=128 (Safra 2009/2010). 93
- Apêndice I.** Resumo da análise de variância para os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ de um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, submetido aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x3x4, com n=96 (Safra 2009/2010). 94
- Apêndice J.** Resumo da análise de variância para os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg e dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn nas folhas da cultura de soja, durante o período da floração, submetidos aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x4x4, com n=128 (Safra 2009/2010). 95
- Apêndice K.** Resumo da análise de variância para a relação $(Ca+Mg)/K$ dos teores foliares de soja submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubdivididas 2x4x4, com n=128 (Safra 2009/2010). 96

Apêndice A. Resumo das fontes de variação utilizadas na tabela de análise de variância do programa estatístico Sisvar 5.1 para o experimento com os fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4 e 2x3x4.

BLOCO
CORRECAO
erro=BLOCO*CORRECAO
COBERTUR
CORRECAO*COBERTUR
erro=BLOCO*COBERTUR(CORRECAO)
KCL
KCL*CORRECAO
KCL*COBERTUR
KCL*CORRECAO*COBERTUR

CORRECAO – fator formas de correção do solo; COBERTUR – fator tipos de cobertura vegetal do solo;
KCl – fator doses de cloreto de potássio.

Apêndice B. Resumo da análise de variância para a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010).

Fonte de variação	Biomassa seca cobertura	
	kg ha ⁻¹	
Correção (Parcela)	7,50	ns
Cobertura (Subparcela)	188,55	**
KCl (Subsubparcela)	2,75	*
Correção x Cobertura	1,96	ns
Correção x KCl	0,24	ns
Cobertura x KCl	0,97	ns
Correção x Cobertura x KCl	1,40	ns
CV Parcela, %	15,64	
CV Subparcela, %	17,04	
CV Subsubparcela, %	18,86	

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice C. Resumo da análise de variância para o rendimento de grãos da cultura de soja submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safra 2009/2010).

Fonte de variação	Rendimento de grãos de soja	
	kg ha ⁻¹	
Correção (Parcela)	2,07	ns
Cobertura (Subparcela)	13,40	**
KCl (Subsubparcela)	1,69	ns
Correção x Cobertura	0,16	ns
Correção x KCl	0,78	ns
Cobertura x KCl	0,55	ns
Correção x Cobertura x KCl	1,23	ns
CV Parcela, %	23,77	
CV Subparcela, %	21,20	
CV Subsubparcela, %	10,12	

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice D. Resumo da análise de variância para a produção da biomassa seca da parte aérea dos tipos de cobertura vegetal submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x3x4, com n=96 (Safrá 2009/2010).

Fonte de variação	Biomassa seca cobertura	
	kg ha ⁻¹	
Correção (Parcela)	14,41	*
Cobertura (Subparcela)	54,77	**
KCl (Subsubparcela)	1,70	ns
Correção x Cobertura	3,30	ns
Correção x KCl	1,70	ns
Cobertura x KCl	0,73	ns
Correção x Cobertura x KCl	0,55	ns
CV Parcela, %	12,24	
CV Subparcela, %	19,81	
CV Subsubparcela, %	19,28	

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice E. Resumo da análise de variância para os teores e acúmulos dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg na parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura vegetal submetidos aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010).

Teores de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal										
Fonte de variação	N		P		K		Ca		Mg	
	g kg ⁻¹									
Correção (Parcela)	0,79	ns	0,41	ns	0,00	ns	0,13	ns	0,97	ns
Cobertura (Subparcela)	18,24	**	16,63	**	21,87	**	11,66	**	51,13	**
KCl (Subsubparcela)	0,65	ns	2,19	ns	0,18	ns	0,62	ns	0,22	ns
Correção x Cobertura	0,86	ns	3,39	*	0,91	ns	0,66	ns	0,62	ns
Correção x KCl	0,50	ns	1,01	ns	1,34	ns	1,89	ns	2,31	ns
Cobertura x KCl	1,26	ns	2,29	*	2,50	*	0,85	ns	0,90	ns
Correção x Cobertura x KCl	1,00	ns	2,56	*	3,65	**	0,73	ns	1,88	ns
CV Parcela, %	15,50		19,51		33,97		36,14		40,06	
CV Subparcela, %	26,22		35,65		31,79		24,06		25,37	
CV Subsubparcela, %	17,67		23,99		25,35		18,14		15,10	
Acúmulos de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal										
Fonte de variação	N		P		K		Ca		Mg	
	kg ha ⁻¹									
Correção (Parcela)	11,95	*	8,16	ns	4,00	ns	4,50	ns	10,18	*
Cobertura (Subparcela)	61,82	**	53,97	**	92,61	**	53,70	**	268,49	**
KCl (Subsubparcela)	2,96	*	2,13	ns	1,93	ns	1,06	ns	1,40	ns
Correção x Cobertura	0,28	ns	2,73	ns	0,53	ns	1,09	ns	2,53	ns
Correção x KCl	0,08	ns	0,75	ns	0,77	ns	0,91	ns	0,47	ns
Cobertura x KCl	1,10	ns	2,17	*	1,65	ns	0,51	ns	0,55	ns
Correção x Cobertura x KCl	0,85	ns	1,65	ns	2,24	*	2,80	**	1,83	ns
CV Parcela, %	19,75		23,05		22,78		25,55		28,81	
CV Subparcela, %	25,82		50,40		35,63		35,08		23,55	
CV Subsubparcela, %	25,60		30,48		31,20		24,63		24,12	

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice F. Resumo da análise de variância para os teores e acúmulos dos macronutrientes K, Ca e Mg na parte aérea (folha + colmo) dos tipos de cobertura vegetal submetidos aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x3x4, com n=96 (Safrá 2009/2010).

Teores de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal			
Fonte de variação	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹		
Correção (Parcela)	0,22 ns	1,03 ns	0,43 ns
Cobertura (Subparcela)	19,05 **	18,06 **	39,41 **
KCl (Subsubparcela)	0,25 ns	1,46 ns	0,90 ns
Correção x Cobertura	0,77 ns	0,07 ns	0,26 ns
Correção x KCl	3,18 **	0,45 ns	0,88 ns
Cobertura x KCl	3,18 **	0,45 ns	0,88 ns
Correção x Cobertura x KCl	4,74 **	0,38 ns	2,77 *
CV Parcela, %	32,81	27,12	33,55
CV Subparcela, %	38,70	23,67	29,87
CV Subsubparcela, %	27,28	18,03	15,95
Acúmulos de macronutrientes na parte aérea dos tipos de cobertura vegetal			
Fonte de variação	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹		
Correção (Parcela)	1,18 ns	4,33 ns	8,51 ns
Cobertura (Subparcela)	60,44 **	35,91 **	127,41 **
KCl (Subsubparcela)	0,31 ns	1,20 ns	0,85 ns
Correção x Cobertura	0,30 ns	1,47 ns	2,47 ns
Correção x KCl	1,13 ns	1,11 ns	1,41 ns
Cobertura x KCl	1,16 ns	0,64 ns	0,73 ns
Correção x Cobertura x KCl	2,80 *	0,58 ns	1,42 ns
CV Parcela, %	24,69	18,07	27,31
CV Subparcela, %	37,66	38,86	28,27
CV Subsubparcela, %	35,67	23,59	24,89

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice G. Resumo da análise de variância para o pH CaCl₂, Al³⁺, saturação por alumínio (m), H+Al, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e saturação por bases (V) de um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, submetido aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010).

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂		Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³		m, %		H+Al, cmol _c dm ⁻³	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Correção (Parcela)	39,45 **	158,13 **	4,80 ns	33,50 **	5,75 ns	17,57 *	10,61 *	14,64 *
Cobertura (Subparcela)	2,26 ns	2,01 ns	4,00 *	9,79 **	5,83 **	8,10 **	0,41 ns	1,67 ns
KCl (Subsubparcela)	2,39 ns	1,98 ns	0,75 ns	8,00 **	1,06 ns	6,12 **	4,82 **	0,42 ns
Correção x Cobertura	0,30 ns	0,48 ns	4,00 *	9,65 **	7,85 **	7,85 **	0,31 ns	0,45 ns
Correção x KCl	0,38 ns	1,62 ns	0,75 ns	7,07 **	1,06 ns	5,40 **	0,86 ns	1,06 ns
Cobertura x KCl	0,79 ns	1,07 ns	3,75 **	5,49 **	3,54 **	3,33 **	0,93 ns	1,05 ns
Correção x Cobertura x KCl	0,59 ns	0,68 ns	3,75 **	3,93 **	3,64 **	2,76 **	1,19 ns	1,10 ns
CV Parcela, %	6,88	4,63	103,28	129,84	127,30	206,80	41,87	37,45
CV Subparcela, %	6,87	9,00	46,19	80,08	49,81	107,35	23,57	23,55
CV Subsubparcela, %	5,40	5,83	53,33	66,30	60,23	84,29	22,33	20,66
Profundidade (cm)	Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³		Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³		K ⁺ , cmol _c dm ⁻³		V, %	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Correção (Parcela)	0,70 ns	21,65 *	59,45 **	273,29 **	2,89 ns	10,70 *	12,04 *	21,01 *
Cobertura (Subparcela)	1,93 ns	3,79 *	3,43 *	5,62 **	3,60 *	5,44 **	0,34 ns	3,43 *
KCl (Subsubparcela)	1,73 ns	1,06 ns	1,56 ns	0,76 ns	1,84 ns	0,39 ns	5,00 **	0,14 ns
Correção x Cobertura	4,21 *	9,19 **	0,57 ns	0,34 ns	1,57 ns	1,47 ns	2,98 ns	1,96 ns
Correção x KCl	2,85 *	0,66 ns	1,83 ns	2,53 ns	5,50 **	2,88 *	0,92 ns	1,32 ns
Cobertura x KCl	1,11 ns	1,84 ns	1,80 ns	3,60 **	0,85 ns	4,16 **	0,88 ns	1,70 ns
Correção x Cobertura x KCl	2,84 **	1,24 ns	3,86 **	2,25 *	5,59 **	0,51 ns	1,62 ns	1,46 ns
CV Parcela, %	29,18	35,38	29,60	20,61	48,35	36,89	28,25	45,29
CV Subparcela, %	17,09	19,82	28,13	31,94	22,19	24,09	11,81	20,91
CV Subsubparcela, %	13,61	17,65	23,14	32,20	18,23	22,74	13,10	15,36

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice H. Resumo da análise de variância para a CTC efetiva (CTC_{ef}), CTC pH 7,0 (CTC), matéria orgânica do solo (MOS), P disponível e os teores de Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} e Zn^{2+} de um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, submetido aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010).

Profundidade (cm)	CTC_{ef} , $cmol_c dm^{-3}$		CTC, $cmol_c dm^{-3}$		MOS, $g kg^{-1}$		P disponível, $mg dm^{-3}$	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Correção (Parcela)	4,90 ns	32,49 **	5,03 ns	1,76 ns	1,11 ns	3,86 ns	9,33 ns	10,23 *
Cobertura (Subparcela)	0,80 ns	6,60 **	0,84 ns	1,44 ns	2,39 ns	0,71 ns	7,54 **	1,32 ns
KCl (Subsubparcela)	1,46 ns	0,83 ns	2,73 *	0,93 ns	1,30 ns	2,57 ns	9,31 **	0,17 ns
Correção x Cobertura	6,63 **	10,47 **	1,10 ns	2,99 ns	1,00 ns	0,33 ns	3,89 *	0,65 ns
Correção x KCl	1,63 ns	0,25 ns	1,14 ns	0,51 ns	1,66 ns	0,16 ns	6,93 **	2,15 ns
Cobertura x KCl	1,07 ns	1,00 ns	0,89 ns	0,80 ns	1,26 ns	1,33 ns	9,90 **	1,85 ns
Correção x Cobertura x KCl	2,53 *	1,55 ns	1,16 ns	1,09 ns	1,24 ns	1,12 ns	9,18 **	1,90 ns
CV Parcela, %	27,53	31,04	15,12	10,44	13,15	8,33	55,52	68,15
CV Subparcela, %	12,29	13,66	13,24	11,42	10,02	15,84	33,46	51,72
CV Subsubparcela, %	10,51	14,57	10,72	13,63	7,83	12,04	31,14	39,88
Profundidade (cm)	Fe^{+2} , $mg dm^{-3}$		Mn^{+2} , $mg dm^{-3}$		Cu^{+2} , $mg dm^{-3}$		Zn^{+2} , $mg dm^{-3}$	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Correção (Parcela)	13,11 *	0,78 ns	0,00 ns	19,34 *	0,12 ns	1,38 ns	22,92 *	40,48 **
Cobertura (Subparcela)	1,37 ns	0,12 ns	1,08 ns	2,73 ns	3,14 ns	1,05 ns	0,94 ns	3,44 *
KCl (Subsubparcela)	7,24 **	0,35 ns	0,29 ns	1,76 ns	1,37 ns	0,74 ns	0,55 ns	0,39 ns
Correção x Cobertura	0,82 ns	1,30 ns	3,86 *	0,78 ns	2,67 ns	1,97 ns	0,68 ns	1,30 ns
Correção x KCl	0,70 ns	1,84 ns	2,09 ns	0,75 ns	0,78 ns	1,59 ns	1,76 ns	1,22 ns
Cobertura x KCl	1,80 ns	1,56 ns	1,11 ns	3,16 **	0,37 ns	2,52 *	0,66 ns	1,61 ns
Correção x Cobertura x KCl	1,90 ns	0,49 ns	0,99 ns	1,47 ns	0,77 ns	0,69 ns	1,50 ns	1,48 ns
CV Parcela, %	11,99	16,84	34,25	32,31	29,29	24,77	16,47	19,42
CV Subparcela, %	14,53	23,50	24,45	28,70	20,67	37,67	21,20	28,20
CV Subsubparcela, %	16,16	16,99	16,61	17,97	17,65	30,58	18,18	25,54

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice I. Resumo da análise de variância para os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} de um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, submetido aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x3x4, com n=96 (Safrá 2009/2010).

Profundidade (cm)	Ca^{2+} , $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		Mg^{2+} , $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		K^{+} , $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Correção (Parcela)	2,36 ns	23,52 *	60,27 **	190,46 **	10,69 *	16,84 *
Cobertura (Subparcela)	1,25 ns	2,85 ns	0,59 ns	7,98 **	6,43 *	11,91 **
KCl (Subsubparcela)	2,11 ns	0,36 ns	1,83 ns	1,81 ns	2,29 ns	2,10 ns
Correção x Cobertura	3,91 *	5,22 *	0,82 ns	0,37 ns	3,07 ns	2,07 ns
Correção x KCl	1,18 ns	0,13 ns	0,20 ns	1,93 ns	2,00 ns	3,12 *
Cobertura x KCl	1,52 ns	2,20 ns	2,15 ns	4,54 **	0,69 ns	1,57 ns
Correção x Cobertura x KCl	3,24 **	1,10 ns	4,62 **	3,76 **	1,99 ns	0,27 ns
CV Parcela, %	25,79	39,54	27,57	21,49	24,81	29,17
CV Subparcela, %	16,63	17,60	27,58	24,00	18,45	20,00
CV Subsubparcela, %	13,16	18,24	23,26	31,98	15,43	22,31

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice J. Resumo da análise de variância para os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg e dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn nas folhas da cultura de soja, durante o período da floração, submetidos aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010).

Fonte de variação	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Cu		Zn	
	g kg ⁻¹																	
mg kg ⁻¹																		
Correção (Parcela)	13,70	ns	0,00	ns	2,60	ns	15,70	ns	36,00	ns	3,01	ns	0,12	ns	0,67	ns	0,84	ns
Cobertura (Subparcela)	25,90	ns	396,80	**	114,40	**	41,60	*	9,40	ns	12,02	**	3,01	ns	40,54	**	9,87	**
KCl (Subsubparcela)	5,00	ns	32,10	*	88,40	**	18,30	ns	28,10	*	0,98	ns	2,07	ns	0,80	ns	0,80	ns
Correção x Cobertura	8,20	ns	1,40	ns	10,10	ns	11,40	ns	13,50	ns	2,49	ns	1,57	ns	0,05	ns	0,27	ns
Correção x KCl	6,00	ns	7,40	ns	17,00	ns	21,60	ns	7,20	ns	0,60	ns	1,07	ns	0,41	ns	1,31	ns
Cobertura x KCl	6,60	ns	11,20	ns	4,10	ns	11,60	ns	4,20	ns	1,13	ns	0,77	ns	1,00	ns	0,43	ns
Correção x Cobertura x KCl	5,40	ns	10,10	ns	8,80	ns	4,40	ns	13,70	ns	1,69	ns	4,25	**	1,84	ns	1,24	ns
CV Parcela, %	17,13		15,07		23,55		15,74		31,14		77,23		61,45		52,97		39,81	
CV Subparcela, %	14,66		12,51		12,38		9,69		10,40		45,01		25,87		23,17		15,98	
CV Subsubparcela, %	15,26		10,46		8,98		8,66		6,36		28,56		17,61		15,69		11,26	

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.

Apêndice K. Resumo da análise de variância para a relação (Ca+Mg)/K dos teores foliares de soja submetida aos fatores correção, tipo de cobertura vegetal e dose de KCl, em um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas 2x4x4, com n=128 (Safrá 2009/2010).

	(Ca+Mg)/K
Correção (Parcela)	0,25 ns
Cobertura (Subparcela)	18,48 **
KCl (Subsubparcela)	11,42 **
Correção x Cobertura	1,49 ns
Correção x KCl	0,99 ns
Cobertura x KCl	1,62 ns
Correção x Cobertura x KCl	1,16 ns
CV Parcela, %	35,61
CV Subparcela, %	11,47
CV Subsubparcela, %	9,93

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste F. CV - coeficiente de variação.