



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

“Plantas de Cobertura em Rotação com Soja e Milho”

WANDER LUIS BARBOSA BORGES

Engenheiro Agrônomo M.Sc.

Orientador: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Co-orientadora: Prof^ª Dr^ª Marlene Cristina Alves

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia -
UNESP – Campus de Ilha Solteira, para
obtenção do título de Doutor em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira – SP

junho/2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

B732p Borges, Wander Luis Barbosa.
Plantas de cobertura em rotação com soja e milho / Wander Luis Barbosa Borges.
-- Ilha Solteira : [s.n.], 2012
118 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2012

Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Co-orientadora: Marlene Cristina Alves
Inclui bibliografia

1. Soja. 2. Milho. 3. Semeadura direta. 4. Semeadura. 5. Manejo sustentável do solo.
6. Solos - Manejo.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

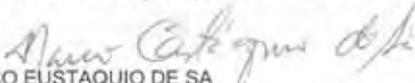
TÍTULO: Plantas de Cobertura em Rotação com Soja e Milho

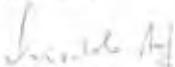
AUTOR: WANDER LUÍS BARBOSA BORGES

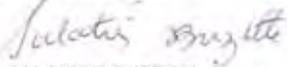
ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

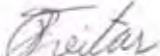
CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. MARLENE CRISTINA ALVES

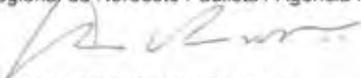
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ROGERIO SOARES DE FREITAS
Pólo Regional do Noroeste Paulista / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios


Prof. Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS
Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Data da realização: 20 de junho de 2012.

Aos meus pais pelo apoio

Ao meu filho pelo carinho

Ao meu irmão pelo companheirismo

À minha namorada pelo incentivo

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me guiar em minha jornada.

Aos Profs. Drs. Marco Eustáquio de Sá e Marlene Cristina Alves, pela orientação e companheirismo.

Aos PqCs. Drs. Rogério Soares de Freitas, Gustavo Pavan Mateus e Isabella Clerici De Maria, pelo apoio na realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários da FEIS/UNESP e dos Polos Regionais de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Noroeste Paulista e do Extremo Oeste – APTA, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos Profs. Drs. Edson Lazarini e Marcelo Andreotti, pelas contribuições na qualificação.

Aos Profs. Drs. Enes Furlani Júnior e Salatiér Buzetti, pela utilização do Laboratório de Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, da FEIS/UNESP, e do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da FEIS/UNESP.

A todos os colegas do programa de pós-graduação em agronomia da FEIS/UNESP.

À Universidade Estadual Paulista – UNESP - Campus de Ilha Solteira.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA.

À Fundação Agrisus – Agricultura Sustentável, pelo apoio financeiro ao projeto que originou esta tese.

PLANTAS DE COBERTURA EM ROTAÇÃO COM SOJA E MILHO

Autor: Wander Luis Barbosa Borges

Orientador: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Marlene Cristina Alves

Resumo:

Estratégias de manejo do solo, rotação de culturas e utilização de espécies de cobertura, que protegem e mantêm a fertilidade do solo, são importantes para uso dos solos sem causar o declínio de sua produtividade e da rentabilidade ao longo dos anos. A manutenção de quantidade adequada de resíduos vegetais sobre o solo, principalmente nas condições dos cerrados brasileiros, é mais difícil em função do clima, que proporciona decomposição rápida e dificuldade de produção na entressafra. O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial agrônomo de plantas de cobertura para a Região Noroeste do Estado de São Paulo, utilizadas para produção de grãos, sementes e forragem, e seus efeitos sobre a produtividade das culturas da soja e do milho, em rotação, bem como nas características físicas e químicas do solo. Os experimentos foram conduzidos em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, em março de 2008, após o preparo convencional do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, utilizando as seguintes plantas de cobertura em diferentes densidades de semeadura que constituíram os tratamentos: sorgo granífero: 6, 7 e 8 kg ha⁻¹, milho: 10, 15 e 20 kg ha⁻¹, capim sudão: 12, 15 e 18 kg ha⁻¹, híbrido de sorgo com capim Sudão: 8, 9 e 10 kg ha⁻¹, *Urochloa ruziziensis*: 8, 12 e 16 kg ha⁻¹. Também se utilizou um tratamento testemunha deixando-se quatro parcelas em pousio. No primeiro ano de estudo, após o manejo das coberturas, foi semeada a soja em sistema de semeadura direta. No segundo ano, após o manejo das coberturas, semeou-se o milho, também em sistema de semeadura direta. Avaliou-se a produtividade de matéria seca das diferentes coberturas, a cobertura do solo proporcionada pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, a absorção de nutrientes pelas coberturas, o efeito supressivo sobre plantas daninhas, as alterações químicas e físicas no solo e a produtividade das culturas da soja e do milho. Concluiu-se que: a *Urochloa ruziziensis* e o capim sudão mantiveram cobertura do solo superior a 68% até o florescimento das culturas da soja e do milho; a *Urochloa ruziziensis* mostrou-se como ótima alternativa de planta de cobertura para o manejo integrado de plantas daninhas; os atributos químicos do solo: fósforo, magnésio e pH, não foram alterados pelas

diferentes coberturas; o sorgo, o capim sudão e o híbrido de sorgo com capim sudão contribuíram para redução do teor de alumínio e elevação da saturação por bases; os atributos físicos do solo apresentaram alterações pelas diferentes coberturas; o uso de 18 kg ha⁻¹ de sementes do capim sudão propiciou a menor produtividade de grãos de soja e de milho; a utilização de 12 e 16 kg ha⁻¹ de sementes da *Urochloa ruziziensis* propiciaram as maiores produtividades de grãos de soja e que o uso de 10 kg ha⁻¹ de sementes do milheto e o pousio propiciaram as maiores produtividades de grãos de milho.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Zea mays*. Semeadura direta. Manejo sustentável do solo.

COVER CROPS IN ROTATION WITH CORN AND SOYBEAN

Author: Wander Luis Barbosa Borges

Advisor: Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá

Co-advisor: Prof^a Dr^a Marlene Cristina Alves

Abstract:

Strategies for soil management, crop rotation and use of cover crops, which protects and maintains soil fertility are important for land use without causing a decline in their productivity and profitability over the years. The maintenance of adequate crop residues on the soil, especially under the conditions of the Brazilian Cerrado, is more difficult because of the climate, which provides rapid decomposition and production difficulty during the no season. This study aimed to evaluate the yield of soybean and corn after cover crops in different plant densities used for the production of grains, seeds or fodder and straw as for the no tillage soybeans and corn, and its amendments in physical and chemical characteristics of soil in the northwest region of São Paulo. The experiments were conducted in Votuporanga, SP, Brazil and Selvíria, MS, Brazil in March 2008, after conventional tillage. The experimental design was a randomized complete block with four replications, using the following cover crops at different seeding rates: *Sorghum bicolor*: 6, 7 and 8 kg ha⁻¹, *Pennisetum americanum*, 10, 15 and 20 kg ha⁻¹, *Sorghum sudanense*, 12, 15 and 18 kg ha⁻¹, hybrid of *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*: 8, 9 and 10 kg ha⁻¹, *Urochloa ruziziensis*: 8, 12 and 16 kg ha⁻¹. We also used a control treatment leaving four fallow plots. In the first year of study, after the management of cover crops was sowed to soybean in no tillage. In the second year after the management of cover crops, it was sowed corn, also in no tillage. We evaluated the dry matter yield of different covers, the soil cover provided by the cover plants and weeds, nutrient uptake by the covers, and the inhibitory effect on weed suppressive, the chemical and physical changes in the soil. It was concluded that: *Urochloa ruziziensis* and sudan grass maintained over 68% flowering of soybean and corn; the *Urochloa ruziziensis* proved to be a great alternative as cover crop for the integrated management of weeds; the chemical attributes of phosphorus, magnesium and pH did not change for different coverages; sorghum, sudan grass and hybrid sorghum sudan grass contributed to reduction of aluminum content and increased saturation; the soil physical properties have been altered by different coverages; the seeding rate of 3 sudan grass provided the lowest yield of soybeans and corn;

densities 2 and 3 of *Urochloa ruziziensis* led to higher yields of soybeans and a density one of millet and fallow led to higher yields of corn.

Keywords: *Glycine max.* *Zea mays.* No tillage. Sustainable soil management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados de precipitação pluvial (PP) e temperatura média (T), em Votuporanga, SP, no período estudado, março de 2008 a abril de 2010	40
Figura 2 - Dados de precipitação pluvial (PP) e temperatura média (T), em Ilha Solteira, SP, no período estudado, março de 2008 a abril de 2010	42
Figura 3 - Produtividade acumulada de matéria seca pelas coberturas, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008	45
Figura 4 - Produtividade acumulada de matéria seca pelas coberturas, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2009	70
Figura 5 - Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) acumulados pelas plantas de cobertura, Votuporanga, SP, 2009	74
Figura 6 - Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) acumulados pelas plantas de cobertura, Selvíria, MS, 2009	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados de análise de amostras de solo da área experimental em Votuporanga, SP e Selvíria, MS amostrado a 0-0,20 m	31
Tabela 2 -	Análise granulométrica para as camadas de 0,05-0,15 m e 0,20-0,40 m, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008	31
Tabela 3 -	Atributos físicos do solo iniciais, avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008	31
Tabela 4 -	Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos	33
Tabela 5 -	Valores médios de produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}) de plantas de cobertura e pousio, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, na colheita/corte, na dessecação e no florescimento da soja	43
Tabela 6 -	Produtividade média de grãos e forragem pelas plantas de cobertura, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento do corte/colheita, 2008	46
Tabela 7 -	Massa (g) e densidade de plantas daninhas m^{-2} , nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento do corte/colheita das plantas de cobertura, 2008	47
Tabela 8 -	Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento da dessecação, novembro de 2008	48
Tabela 9 -	Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no florescimento da soja, fevereiro de 2009	49
Tabela 10 -	Altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e estande final da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Votuporanga, 2009	51
Tabela 11 -	Número de vagens planta por planta, massa de cem grãos, e produtividade de grãos da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Votuporanga, 2009	52

Tabela 12 -	Altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e estande final da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Ilha Solteira, 2009	53
Tabela 13 -	Número de vagens planta por planta, massa de cem grãos, e produtividade de grãos da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Ilha Solteira, 2009	54
Tabela 14 -	Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura e pousio, Votuporanga, SP, 2009	56-57
Tabela 15 -	Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura e pousio, Selvíria, MS, 2009	59-60
Tabela 16 -	Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-soja, Votuporanga, SP, 2009	62
Tabela 17 -	Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO ₄) e saturação por bases (V) no solo pós-soja, Votuporanga, SP, 2009	63
Tabela 18 -	Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-soja, Selvíria, MS, 2009	64
Tabela 19 -	Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO ₄) e saturação por bases (V) no solo pós-soja, Selvíria, MS, 2009	65
Tabela 20 -	Valores médios de produtividade matéria seca (kg ha ⁻¹) das cobertura, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, na colheita/corte, na dessecação e no florescimento do milho	68
Tabela 21 -	Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) das plantas de cobertura e do pousio, no florescimento, Votuporanga, SP, 2009	71
Tabela 22 -	Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) das plantas de cobertura e do pousio, no florescimento, Selvíria, MS, 2009	72

Tabela 23 -	Massa (g) e densidade de plantas daninhas m^{-2} , nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento do corte/colheita das plantas de cobertura, 2008	77
Tabela 24 -	Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento da dessecação, novembro de 2009	79
Tabela 25 -	Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no florescimento da soja, fevereiro de 2010	80
Tabela 26 -	Estande final de plantas por ha, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas, sobre diferentes plantas de cobertura, da cultura do milho, Votuporanga, 2010	81
Tabela 27 -	Número de espigas por ha, massa de cem grãos e produtividade de grãos da cultura do milho, sobre diferentes plantas de cobertura, Votuporanga, 2010	82
Tabela 28 -	Estande final de plantas por ha, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas, sobre diferentes plantas de cobertura, da cultura do milho, Ilha Solteira, 2010	83
Tabela 29 -	Número de espigas por ha, massa de cem grãos e produtividade de grãos da cultura do milho, sobre diferentes plantas de cobertura, Ilha Solteira, 2010	84
Tabela 30 -	Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-milho, Votuporanga, SP, 2010	87
Tabela 31 -	Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO ₄) e saturação por bases (V) no solo pós-milho, Votuporanga, SP, 2010	88
Tabela 32 -	Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-milho, Selvíria, MS, 2010	89
Tabela 33 -	Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO ₄) e saturação por bases (V) no solo pós-milho, Selvíria, MS, 2010	90

Tabela 34 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura, e pousio, Votuporanga, SP, 2009	93-94
Tabela 35 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura, e pousio, Selvíria, MS, 2010	95-96
Tabela 36 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Votuporanga, SP, 2010	98-100
Tabela 37 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Selvíria, MS, 2010	101-103

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Sistema de semeadura direta	17
2.2	Rotação de culturas	19
2.3	Plantas de cobertura	20
2.3.1	<i>Fitomassa</i>	21
2.3.2	<i>Cobertura do solo</i>	22
2.3.3	<i>Absorção de nutrientes e alterações químicas no solo</i>	23
2.3.4	<i>Efeito supressivo sobre plantas daninhas</i>	24
2.4	Alterações físicas no solo	24
2.4.1	<i>Resistência do solo a penetração</i>	25
2.5	Cultura da soja	26
2.6	Cultura do milho	26
2.7	Sorgo	27
2.8	Milheto	27
2.9	Híbrido de sorgo com capim sudão	28
2.10	<i>Urochloa</i>	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Campo experimental	30
3.2	Caracterização do solo	30
3.3	Caracterização do clima	32
3.4	Delineamento experimental	32
3.5	Descrição dos tratamentos	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Ano agrícola 2008/09	42
4.1.1	<i>Plantas de cobertura</i>	42
4.1.1.1	<i>Fitomassa</i>	42

4.1.1.2	<i>Produtividade de grãos, sementes e forragem</i>	46
4.1.1.3	<i>Efeito supressivo sobre plantas daninhas</i>	46
4.1.1.4	<i>Cobertura do solo</i>	48
4.1.2	<i>Cultura da soja</i>	50
4.1.3	<i>Alterações físicas no solo</i>	56
4.1.3.1	<i>Resistência do solo a penetração</i>	56
4.2	Ano agrícola 2009/10	61
4.2.1	<i>Alterações químicas no solo</i>	61
4.2.2	<i>Plantas de cobertura</i>	67
4.2.2.1	<i>Fitomassa</i>	67
4.2.2.2	<i>Absorção de nutrientes</i>	70
4.2.2.3	<i>Efeito supressivo sobre plantas daninhas</i>	76
4.2.2.4	<i>Cobertura do solo</i>	78
4.2.3	<i>Cultura do milho</i>	80
4.2.4	<i>Alterações químicas no solo</i>	86
4.2.5	<i>Alterações físicas no solo</i>	91
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
6	CONCLUSÕES	107
	REFERÊNCIAS	108

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira conseguiu nos últimos anos um grande avanço tecnológico, que tem resultado em aumento de produtividade e melhoria nas condições ambientais.

Conforme Alvarenga (1995, p. 175-185), estratégias de manejo do solo, rotação de culturas e utilização de espécies de cobertura, que protegem e mantêm a fertilidade do solo, são importantes para uso dos solos sem causar o declínio de sua produtividade e da rentabilidade ao longo dos anos.

O sistema de semeadura direta, em condições de cerrado, por sua característica conservacionista, é o sistema de produção agrícola mais recomendado, no entanto, há necessidade de utilização de plantas de cobertura, tendo em vista que os restos culturais e plantas daninhas não propiciam adequada cobertura do solo durante todo o ano.

Como o clima da região Noroeste do Estado de São Paulo caracteriza-se por altas temperaturas e alta umidade deve-se optar por plantas de cobertura com maior relação C/N, que apresentam decomposição mais lenta, cobrindo o solo durante todo o período pré-safra, e com aporte significativo de matéria seca para manutenção do sistema de semeadura direta, e utilização como palhada para as culturas de verão.

Os benefícios que podem ser obtidos com o emprego das plantas de cobertura dependem de condições de solo e clima regionais, e a maior parte dos resultados de pesquisas feitas no Brasil é da Região Sul, onde as condições climáticas são muito diferentes das do cerrado brasileiro, particularmente da região Oeste do Estado de São Paulo. Para muitas regiões do Estado de São Paulo ainda não há recomendação técnica das espécies mais adaptadas e, nas regiões de inverno seco, as dificuldades são maiores (TRABUCO, 2008).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial agrônomo de plantas de cobertura para a Região Noroeste do Estado de São Paulo, utilizadas para produção de grãos, sementes e forragem, e seus efeitos sobre a produtividade das culturas da soja e do milho, em rotação, bem como nas características físicas e químicas do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de semeadura direta

Na safra 2005/06, a área cultivada no sistema de semeadura direta no Brasil, foi de 25.501.656 ha (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – FEBRAPDP, 2008).

O uso inadequado de equipamentos de preparo do solo é o principal fator da degradação dos solos e dependendo do grau de alteração das propriedades físicas, estas podem produzir condições limitantes ao desenvolvimento das culturas e conseqüentemente, afetar a produção (SILVA, 2000). Segundo Spera et al. (2005, p. 238-240), a degradação dos solos é atribuída às práticas agrícolas inadequadas e promove perdas na produção de grãos, mediante redução do estande de plantas e decréscimos na sua qualidade estrutural. Döwich (2005, p. 108-114) comentou que solo degradado é aquele que apresenta alta acidez, baixa fertilidade e superfície erodida.

Segundo Bertol et al. (2004, p. 155-163), o sistema de semeadura direta, em virtude da pequena mobilização do solo, preserva os agregados e a sua cobertura. Spera et al. (2005, p. 238-240) enfatizaram que solos manejados sob preparo convencional apresentam sérios problemas de compactação, como o desenvolvimento de uma camada subsuperficial endurecida.

O sistema de semeadura direta, sistema conservacionista de manejo do solo, que mantém os resíduos culturais em sua superfície, constitui uma importante técnica para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas (BERTIN et al., 2005, p. 379-386; CAIRES et al., 2006, p. 87-98; GONÇALVES; CERETTA, 1999, p. 307-313; TORRES et al., 2005, p. 609-618).

O sucesso do sistema de semeadura direta depende da manutenção de cultivos capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o

ano, o que significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno (CERETTA et al., 2002, p. 163-171). Porém, a formação e manutenção de cobertura morta é um dos principais entraves ao estabelecimento do sistema de semeadura direta nos trópicos, onde as altas temperaturas, associadas à umidade adequada, promovem a decomposição rápida dos resíduos vegetais; e a cobertura morta, resultante dos restos culturais de culturas anteriores e de plantas daninhas, geralmente é insuficiente para a plena cobertura do solo (STONE et al., 2006, p. 577-582). Isso reforça a preocupação de produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, o que significaria manter o resíduo protegendo o solo por maior período de tempo (CERETTA et al., 2002, p. 49-54).

O sistema de semeadura direta é a opção mais adequada para reverter a situação de degradação do solo que pode ser gerada pelo cultivo convencional (BRANCALIÃO; MORAES, 2008, p. 393-404).

Grande parte das vantagens do sistema de semeadura direta está relacionada à quantidade de fitomassa disponível para a cobertura do solo e a dificuldade de produção e persistência dessa palha é um dos entraves na consolidação desse sistema no Estado de São Paulo (BRANCALIÃO et al., 2008, p. 184) ou no cerrado, onde o regime hídrico, com um longo período seco, limita o estabelecimento e o crescimento adequado das culturas em sucessão sob esse sistema (RESCK, 2005, p. 72-80).

A permanência dos resíduos na superfície, aliada ao não revolvimento do solo no sistema de semeadura direta, mantém os agregados estáveis e assegura condições de temperatura e umidade, que favorecem o aumento da população de microrganismos e conduzem a uma significativa modificação na dinâmica dos nutrientes. A liberação dos nutrientes contidos na matéria orgânica se dá de forma gradual e contínua, reduzindo as perdas por lixiviação, maximizando o aproveitamento ao longo do desenvolvimento das culturas (CHUERI; VASCONCELLOS, 2000, p. 129-130).

À medida que o sistema de semeadura direta foi substituindo o sistema de semeadura convencional, o interesse pelas plantas de cobertura aumentou, uma vez que, associadas aos preparos conservacionistas, elas favorecem o controle da erosão e, ao mesmo tempo, podem resultar em melhoria de atributos físicos e químicos do solo que refletem na produtividade. O emprego de leguminosas como plantas de cobertura apresenta como vantagem a fixação biológica de N_2 , ao passo que gramíneas, com menor taxa de decomposição, persistem mais tempo sobre o solo. Em função de condições climáticas, a manutenção da cobertura do solo

em áreas em sistema de semeadura direta exige a implantação de culturas especificamente para este fim, mas há também a possibilidade de implantação de uma cultura comercial no outono-inverno, que tem como vantagem aumentar a rentabilidade, ao mesmo tempo em que contribui para a manutenção da cobertura (TRABUCO, 2008).

O sucesso do sistema de semeadura direta depende da produção de fitomassa (GONÇALVES et al., 2000, p. 67-75) e a manutenção da cobertura na superfície do solo é fundamental para o sistema. O tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo, após o manejo das espécies, é determinado pela velocidade de decomposição dos resíduos vegetais. Quanto mais rápida ela for, maior a velocidade de liberação de nutrientes, e menor a proteção oferecida ao solo. Por isso há a preocupação de produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, o que significa manter o resíduo protegendo o solo por maior período de tempo. A velocidade de decomposição está relacionada ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos (HEINRICHS et al., 2001, p. 331-340), o que justifica espécies não gramíneas apresentarem maior taxa de decomposição que gramíneas (CERETTA et al., 2002, p. 49-54).

A manutenção de quantidade adequada de resíduos vegetais sobre o solo, principalmente nas condições dos cerrados brasileiros, é mais difícil em função do clima, que proporciona decomposição rápida e dificuldade de produção na entressafra (MURAISHI et al., 2005, p. 199-207). Para obtenção de maior rentabilidade pode-se, também, implantar cultura comercial na entressafra.

2.2 Rotação de culturas

No sistema de semeadura direta, além do não revolvimento e cobertura permanente do solo, há necessidade de se implantar um sistema de rotação de culturas, que é um sistema de semeadura seqüencial de espécies vegetais sobre a mesma área, de modo que esta seqüência se repita a partir de um determinado período de tempo, de acordo com um plano definido (LOMBARDI-NETO et al., 2002, p. 127-141). Essa prática, apesar de indispensável, não é observada com freqüência (BORTOLINI, 2005, p. 115-118).

Segundo Bertol et al. (2004, p. 155-163) as rotações de culturas apresentam melhores resultados do que as sucessões sobre as propriedades físicas do solo e de acordo com Tormena et al. (2004, p. 1023-1031), as rotações de culturas são indicadas para o manejo físico do solo, em razão do maior aporte de matéria orgânica e bioporosidade do solo. Para Gonçalves et al.

(2006, p. 67-75) a diminuição das operações agrícolas não é suficiente para evitar a compactação ou para minimizá-la, sendo necessárias rotações de culturas, envolvendo espécies que produzam grande quantidade de massa para a cobertura do solo e sistema radicular profundo e com grande volume, reduzindo a compactação.

A escolha da cobertura vegetal do solo, para compor esquemas de rotação de culturas deve, sempre que possível, ser feita no sentido de obter grande quantidade de biomassa. Plantas forrageiras, gramíneas e leguminosas, anuais ou semiperenes são apropriadas para essa finalidade. Além disso, deve-se dar preferência às plantas fixadoras de nitrogênio, com sistema radicular profundo e abundante, para promover a ciclagem de nutrientes (EMBRAPA, 2003, p. 33-38).

De acordo com Guimarães (2000), a implantação do sistema de semeadura direta nas áreas agrícolas cultivadas requer alguns pré-requisitos, porém a rotação e/ou sucessão de culturas é o mais importante. Por isso ela deve ser previamente planejada, pois nas condições de cerrado, temperaturas elevadas associadas à adequada umidade promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais, tanto daqueles que são incorporados quanto os que ficam na superfície do solo.

2.3 Plantas de cobertura

Segundo Silva, Curi e Blancaneaux (2000, p. 2485-2492), a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, dentre eles o sistema de semeadura direta e o uso de plantas de cobertura, constituem-se numa importante alternativa para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola dos Latossolos no Brasil.

O sucesso do sistema de semeadura direta está diretamente relacionado com o uso de rotação de culturas, com a inclusão de plantas de cobertura (AMARAL et al., p. 115-123, 2004), principalmente as gramíneas, que integradas de forma planejada ao sistema, proporcionam alto potencial de produção de fitomassa de elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por um período mais longo (BORTOLINI, 2005, p. 115-118; CALEGARI et al., 1998, p. 51-57). Andreotti et al. (2008, p. 109-115) enfatizaram que, para a consolidação e sucesso do sistema de semeadura direta é de fundamental importância o estabelecimento de culturas para a produção de palha, em quantidade adequada à cobertura do solo, o que se revela um problema em regiões mais quentes como o cerrado, por causa do acelerado processo de decomposição. Os autores ressaltaram que se deve conhecer a espécie vegetal a

ser utilizada no programa de rotação de culturas, quanto à sua produção de matéria seca e tempo de decomposição, que interferem diretamente na qualidade e quantidade de palha sobre o solo.

As culturas de cobertura estudadas nas regiões de inverno seco têm sido, entre outras, as de milheto, mucuna-preta, feijão-de-porco e sorgo, além da vegetação espontânea (TRABUCO, 2008).

Silva e Mielniczuk (1997, p. 113,117, 311-317) enfatizaram que os efeitos benéficos das plantas de cobertura do solo, em parte, podem ser atribuídos, principalmente, à alta densidade de raízes das gramíneas que promovem a aproximação de partículas pela constante absorção de água, às periódicas renovações do sistema radicular e à distribuição dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana e, ainda, a rotação de culturas que propicia uma alternância no tipo, tamanho de raízes e material orgânico liberado.

Alvarenga et al. (2001, p. 25-36) relataram que na escolha das plantas de cobertura é fato decisivo conhecer a sua adaptação à região e sua habilidade em crescer num ambiente menos favorável, uma vez que as culturas comerciais são estabelecidas nas épocas mais propícias, além disso, deve-se levar em consideração a produtividade de fitomassa, disponibilidade de sementes, as condições do solo, rusticidade quanto a tolerância do déficit hídrico, a possibilidade de utilização comercial e o potencial dessas plantas serem hospedeiras de pragas e doenças.

2.3.1 Fitomassa

De acordo com Sá (1993) vários trabalhos associam a rotação de culturas com a produção de biomassa, devido à decomposição do material depositado na superfície ser maior em regiões de clima tipicamente tropical, tornando-se necessários maiores aportes. Para a região Sul do Brasil, na região de Castro (PR), Sá (1995) estimou um aporte anual de 6000 kg ha⁻¹ de matéria seca de resíduos culturais para recompor a quantidade de matéria orgânica perdida devido à oxidação. Seguy e Bouzinac (1992) citados por Sá (1995), em solo de região de cerrado, sugeriram a necessidade de atingir, com o programa de rotação de culturas, a produção de 11000 a 12000 kg ha⁻¹ de massa seca de resíduos culturais por ano, devido à alta taxa de decomposição, valor semelhante ao preconizado por Cordeiro (1999, p. 165-190), 10000 a 11000 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Darolt (1998, p. 16-45) enfatizou que no sistema de semeadura direta é indispensável um esquema de rotação de culturas bem planejado, de maneira que

possa propiciar uma quantidade mínima de 6000 kg ha⁻¹ de matéria seca sobre o solo, no entanto Amado (2000, p. 105-111) destaca que há necessidade de 10000 a 12000 kg ha⁻¹.

Séguy e Bouzinac (1995, p. 1-2) pesquisaram a semeadura direta em sistemas de rotação de culturas utilizando gramíneas e leguminosas, e verificaram que o uso do milho comum proporcionou produções que variaram entre 3300 a 10000 kg ha⁻¹ de MS desta gramínea, estando estes valores associados à fertilidade do solo. Avaliando cinco plantas de cobertura: *urochloa*, milho, *Crotalaria juncea*, mucuna preta e guandu e uma área de pousio, em duas épocas de manejo, na região de Jaboticabal (SP), Pelá (2002) constatou que o milho apresentou as maiores médias entre os tratamentos quanto à produção de MS inicial, com 1023 e 4019 kg ha⁻¹, na 1ª e 2ª época, respectivamente, porém na média das duas épocas não diferiu significativamente do pousio (1789 kg ha⁻¹) e da *Crotalaria juncea* (1642 kg ha⁻¹), já para o guandu (308 kg ha⁻¹) e *Urochloa* (194 kg ha⁻¹) foram verificadas as menores produções de MS, além de apresentarem um crescimento inicial muito lento. Silva et al. (2006, p. 202-217) estudaram o acúmulo de nutrientes em *Crotalaria juncea*, milho e vegetação espontânea (pousio) e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em sistema de semeadura direta, em Selvíria (MS), e constataram produtividades de MS da parte aérea de 9770 e 8600 para a *Crotalaria juncea*, 7370 e 6330 para o milho e 2490 e 2860 para a vegetação espontânea (pousio), nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, respectivamente.

2.3.2 Cobertura do solo

A porcentagem de cobertura é um fator importante para a proteção física do solo contra o impacto direto das gotas de chuva e varia em função das culturas utilizadas, da época e forma de manejo das plantas (FABIAN, 2009).

Alvarenga et al. (2001, p. 25-36) enfatizaram que o sistema de semeadura direta deve ter pelo menos 50% da superfície do solo coberta com resíduos vegetais e estes devem ter uma taxa de decomposição compatível com a manutenção de cobertura deixada pelas culturas antecessoras. Os autores afirmaram que 6000 kg ha⁻¹ de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo.

A manutenção da palhada sobre o solo e sua posterior decomposição é uma variável importante na ciclagem de nutrientes e o conhecimento da sua dinâmica é fundamental para a

compreensão do processo, o que resultará numa mais eficiente utilização de nutrientes pelas culturas e na redução dos impactos negativos ao meio ambiente (TORRES, 2003).

2.3.3 Absorção de nutrientes e alterações químicas no solo

Amado, Mielniczuk e Aita (2002, p. 241-248) citaram que a capacidade elevada de absorção de N das gramíneas constitui estratégia importante para reduzir os riscos de contaminação do lençol freático com nitrato e aumentar a ciclagem de N durante a entressafra das culturas comerciais e segundo Gonçalves, Ceretta e Basso (2000, p. 153-159), a quantidade de N recuperado pelas plantas depende, entre outros fatores, das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais e do tipo de manejo adotado.

Amado, Mielniczuk e Aita (2002, p. 241-248) enfatizaram que resíduos de gramíneas, quando adicionados à superfície do solo, apresentam decomposição mais lenta, quando comparado com leguminosas e crucíferas. Sugeriram que isto ocorre devido à alta relação C/N das gramíneas e em muitos casos a reduzida disponibilidade de N mineral do solo.

Silveira e Stone (2001, p. 387-394) afirmaram que diferentes sucessões e rotações de culturas podem também afetar o teor de nutrientes no solo, em vista das diferenças em exigência nutricional, profundidade de raízes e quantidade de material vegetal que permanece no solo.

Trabuco (2008) citou que de maneira geral não há mudanças significativas nos atributos químicos do solo em rotações de culturas, mesmo em longo período de tempo, e com utilização de plantas de cobertura, por período de tempo curto. Porém, a produção de grãos pode ser influenciada ou não pelo cultivo anterior. O N do solo geralmente não é avaliado no conjunto dos atributos químicos, porém, o N liberado pelas culturas de cobertura, na maioria das vezes, deve ser o responsável pelo aumento na produção de grãos da cultura comercial, quando ele ocorre.

Torres (2003) avaliou seis plantas de cobertura em Uberaba (MG), e verificou conteúdo de N acumulado no milho de 165,55 kg ha⁻¹, no entanto, Torres, Pereira e Fabian (2008, p. 1609-1618) avaliaram a produção de resíduo vegetal por plantas de cobertura semeadas em abril, e mineralização de seus resíduos em sistema de semeadura direta, na região do triângulo mineiro, e verificaram que o milho acumulou 56 kg ha⁻¹ de N, 5 kg ha⁻¹ de P e 56 kg ha⁻¹ de K.

2.3.4 Efeito supressivo sobre plantas daninhas

No controle de plantas daninhas, a presença de uma camada de palha sobre a superfície do solo é de fundamental importância devido ao efeito físico que limita a passagem de luz, criando dificuldades para que haja a germinação das sementes e, pela barreira que forma, dificultando o crescimento inicial das plântulas. Além disso, existem os efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, que liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, impedindo a germinação, ou nas plantas, interferindo em algum processo do seu desenvolvimento, de tal modo que o crescimento é retardado ou paralisado, havendo casos em que ocorre a morte da planta (ALVARENGA et al., 2001, p. 25-36).

A supressão da infestação de plantas daninhas por plantas de cobertura pode ocorrer durante o desenvolvimento vegetativo das espécies cultivadas ou após a sua dessecação (VIDAL; TREZZI, 2004, p. 217-223). Segundo esses autores, efeitos de competição e de alelopátia exercidos durante a coexistência das plantas de cobertura com as espécies daninhas podem ser responsáveis pelo efeito supressivo. Já o potencial alelopático dos resíduos das culturas de cobertura após dessecação depende da velocidade de decomposição e do tipo de palhada que permanece sobre o solo, bem como da população de espécies de plantas daninhas (TOKURA; NÓBREGA, 2006, p. 379-384).

2.4 Alterações físicas no solo

Os solos em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresentam características físicas como permeabilidade, estrutura, densidade e espaço poroso agronomicamente desejáveis. Entretanto, à medida que são trabalhados mecanicamente, fora do teor ideal de umidade, ocorrem consideráveis alterações físicas. A retirada da cobertura vegetal e o cultivo convencional dos solos aceleram a decomposição da matéria orgânica, provocando a compactação e a pulverização dos agregados na camada superficial, tornando-os muito suscetíveis à erosão (PELÁ, 2002).

Indiretamente, a compactação do solo afeta a infiltração e a condutividade de água, temperatura e aeração do solo. Em função disso, a compactação do solo tem provocado perda de produtividade do solo, levando-o à degradação (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000, p. 239-249).

A macroporosidade é a principal responsável pela drenagem de água e aeração do solo e a microporosidade é responsável pela retenção e disponibilidade de água no solo (ROSA JÚNIOR, 2000).

Resultados de Braida et al. (2006, p. 605-614), em solos arenoso e argiloso, indicaram que a palha na superfície do solo, durante a realização do ensaio Proctor, dissipa até 30% da energia de compactação utilizada, com redução da densidade máxima obtida.

Outro efeito importante é o da quantidade de biomassa introduzida no sistema, aumentando a matéria orgânica no solo que pode ter efeito de prevenção da compactação pela formação de agregados maiores e mais estáveis nos solos com maiores níveis de material orgânico. Braida et al. (2010, p. 131-139) observaram redução da compressibilidade em um Nitossolo de textura argilosa com o incremento de carbono orgânico, embora o mesmo efeito não tenha sido observado para um Argissolo arenoso.

Diversos autores têm apresentado resultados que indicam aumento na densidade e na resistência à penetração no sistema de semeadura direta em comparação com os solos preparados (DE MARIA et al., 1999, p. 703-709; DRAGHI et al., 2005, p. 120-124; STONE; SILVEIRA, 1999, p. 83-91; TORMENA et al., 2002, p. 795-801; TORMENA et al., 2004, p. 65-71). Entretanto, Leão et al. (2004, p. 415-423) observaram que a cobertura do solo proporcionou diminuição da compactação no solo.

2.4.1 Resistência do solo à penetração

A resistência à penetração é um dos atributos físicos do solo que influencia o crescimento de raízes e serve como base à avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (TORMENA; ROLOFF, 1996, p. 333-339). As raízes das plantas que crescem em solos com alta resistência mecânica à penetração apresentam modificações morfológicas, restringindo o desenvolvimento da planta e resultando em menor produção (BENGOUGH et al., 1997, citados por SENRA et al., 2007, p. 31-36).

Ralisch et al. (2008, p. 381-384), em Latossolo Vermelho Amarelo, em Goiás, trabalharam com sistema de semeadura direta há 14 anos (SD14); sistema de semeadura direta há 8 anos (SD8); sistema de semeadura direta há 2 anos (SD2); preparo convencional (PC); pastagem (P) e floresta (F), e concluíram que o PC apresentou menor resistência à penetração na camada de 0-0,10 m, enquanto o SD2 indicou maior resistência à penetração até 0,40 m, e que abaixo da camada de 0,15 m não houve diferença significativa entre os

tratamentos PC, SD8, SD14. Os autores destacaram ainda que os dois primeiros anos de adoção do sistema de semeadura direta são críticos quanto a resistência à penetração nas camadas superficiais do solo.

2.5 Cultura da soja

A área de produção nacional de soja, na safra 2008/09, foi de 21,743 milhões de hectares e a da safra 2011/12 foi de 24,998 mil hectares (dados estimados), com uma produção de grãos de 57,166 milhões de toneladas, na safra 2008/09 e de 65,603 milhões de toneladas (dados estimados), na safra 2011/12, participando da produção brasileira de grãos com 41,2%, que está estimada em 159,20 milhões de toneladas. A produtividade média nacional da soja, na safra 2008/09, foi 2629 kg ha⁻¹, e a produtividade média da safra 2011/12, será de 2624 kg ha⁻¹ (dados estimados) (CONAB, 2012).

A cultura da soja vem sendo bastante empregada no sistema de semeadura direta, a qual tem grande importância econômica como uma das commodities brasileiras que contribuem para alavancar o crescimento da agricultura no país. Todavia, é necessário que medidas conservacionistas e que outras práticas de manejo da cultura sejam bem executadas. Parte da resolução de alguns problemas é dependente do plano de rotação e/ou sucessão de culturas (BRANCALIÃO; MORAES, 2008, p. 393-404).

2.6 Cultura do milho

A área de produção nacional de milho 1ª safra, na safra 2009/10, foi de 7,724 milhões de hectares e a da safra 2011/12 foi de 8,580 mil hectares (dados estimados sujeitos a mudanças), com uma produção de grãos de 34,079 milhões de toneladas, na safra 2009/10 e de 36,125 milhões de toneladas (dados estimados sujeitos a mudanças), na safra 2011/12, participando da produção brasileira de grãos com 22,7%, que está estimada em 159,20 milhões de toneladas. A produtividade média nacional de milho 1ª, na safra 2009/10, foi 4412 kg ha⁻¹, e a produtividade média da safra 2011/12, será de 4210 kg ha⁻¹ (dados estimados sujeitos a mudanças) (CONAB, 2012).

Sistemas de manejo que possibilitem maior manutenção do conteúdo de água disponível para as culturas contribuem para a diminuição do estresse hídrico. Vários autores observaram que a produtividade do milho em sistema de semeadura direta é maior que em

manejo convencional, provavelmente devido a um período maior de conservação da água no perfil, maior fertilidade explorada pelas raízes e menores perdas de solo (ELTZ; PEIXOTO; JASER, 1989, p. 259-267).

O cultivo de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho pode resultar em aumento de produtividade, seja pelo cultivo de leguminosa que reduz a necessidade de adubo nitrogenado (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002, p. 241-248), seja pelo cultivo de gramíneas que, com maior relação C/N, proporcionam um período maior de cobertura do solo, devido à sua decomposição mais lenta (CERETA et al., 2002, p. 49-54).

2.7 Sorgo

A cultura do sorgo granífero é rústica, resistente à seca, não exige mudança de maquinário para produtores de grãos e é viável na safrinha (VASCONCELOS et al., 2001, p. 373-379), particularmente em sucessão à soja de verão nas regiões em que há baixo índice pluviométrico no período outono-inverno e, ainda, é opção bastante explorada quando há demanda de mercado regional para alimentação animal.

Kichel e Miranda (2000), citados por Braz, Kliemann e Silveira (2010, p. 11-44), obtiveram produtividade de matéria seca pelo sorgo de 5760 kg ha⁻¹, em cultivo de safrinha.

Guim et al. (1995), citados por Braz, Kliemann e Silveira (2010, p. 11-44), avaliaram três híbridos de sorgo granífero, forrageiro e com duplo propósito em três estádios de maturação dos grãos: leitosos, pastosos e farináceos e verificaram que o híbrido granífero alcançou a maior produtividade de matéria seca (15800 kg ha⁻¹) em relação ao forrageiro (12600 kg ha⁻¹) e ao duplo propósito (10900 kg ha⁻¹).

2.8 Milheto

O milheto pode ser utilizado para cultivo tardio ou de safrinha, após a colheita da cultura principal, para regiões nas quais não ocorrem geadas, e onde ocorrem algumas chuvas até o mês de maio, como acontece na região do cerrado (BRAZ; KLIEMANN; SILVEIRA, 2010, p. 11-44).

Seguy e Bouzinac (1995) pesquisaram a semeadura direta em sistemas de rotação de culturas utilizando gramíneas e leguminosas, e verificaram que o uso do milheto comum proporcionou produções que variaram entre 3300 a 10000 kg ha⁻¹ de matéria seca desta

gramínea, estando estes valores associados à fertilidade do solo. O milheto, segundo os autores, semeado tanto no início da estação chuvosa (setembro), como em sucessão a cultura de verão (safrinha), compete com as invasoras, abafando-as. Por apresentar um enraizamento profundo (1,4 a 1,5 m), é considerado um perfeito reciclador de nutrientes, contribuindo consideravelmente com a biomassa depositada sobre a superfície do local de cultivo após a dessecação com herbicidas.

Há relatos de 9579 kg ha⁻¹ (BORDIN et al., 2003, p. 417-428), 9400, 5900, 7500 kg ha⁻¹ (LEMOS et al., 2003, p. 405-415) e 1892 kg ha⁻¹ (SODRÉ FILHO et al., 2004, p. 327-334) de matéria seca para o milheto.

2.9 Híbrido de sorgo com capim sudão

Os híbridos de sorgo com capim sudão apresentam rápido estabelecimento da cultura, alta velocidade de crescimento, boa capacidade de perfilhamento, resistência à seca, pouca exigência quanto à qualidade do solo e bom valor nutritivo como características desejáveis às plantas forrageiras (BOGDAN, 1977; WHEELER, 1980, citados por TOMICH et al., 2004, p. 258-263).

Assis et al. (2011) avaliaram três plantas de cobertura do solo, para o sistema de semeadura direta: milheto, cultivar ADR 500 e dois híbridos de sorgo com capim sudão (jumbo e cover crop), em Rio Verde (GO) e verificaram para o híbrido cover crop, 11887, 11317, 7217, 6427, 6328, 6322 e 6154 kg ha⁻¹ de MS, aos 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o manejo, respectivamente, no entanto o material não foi retirado da área.

2.10 *Urochloa*

As *Urochloas* são conhecidas pela adaptação às condições de clima e solos tropicais de baixa fertilidade e produzem matéria seca em abundância durante todo o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal do solo, se as suas condições de temperatura e de umidade forem favoráveis (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003, p. 61-104, TIMOSSI et al., 2007, p. 617-622) e se manejadas corretamente (VILELA et al., 2003, p. 145-170).

Conforme Stone et al. (2003, p. 173-181) a utilização de *Urochloas* em consorciação ou rotação com culturas anuais exercem efeito benéfico nos atributos físicos do solo, que devido ao sistema radicular fasciculado, possuem maior facilidade de penetrar suas raízes em

camadas compactadas, em relação às plantas de sistema radicular pivotante. Para Kluthcouski e Aidar (2003, p. 409-441), as principais vantagens da palhada da *Urochloa* para o sistema de semeadura direta são: maior longevidade da cobertura do solo e controle/minimização de doenças.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Campo experimental

Os experimentos foram instalados em março de 2008, no Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Noroeste Paulista - APTA, estabelecido no município de Votuporanga, a 20°20'S de Latitude, 49°58'W de Longitude e 510 m de altitude, em um Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico textura média, segundo Prado, Jorge e Menk (1999) e na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), na Seção de Produção Vegetal, com coordenadas geográficas: Latitude 20°25'24" S e Longitude 52°21'13" W, e altitude média de 335 m, em um Latossolo Vermelho distroférico típico muito argiloso, segundo Demattê (1980).

3.2 Caracterização do solo

O solo foi preparado por meio de uma aração (arado de discos), em fevereiro de 2008, e duas gradagens (grade niveladora de discos), uma em fevereiro e outra no início de março, após a amostragem de solo para fins de fertilidade, na camada de 0-0,20 m, realizada nos dois locais de cultivo, cujos resultados das análises encontram-se na Tabela 1. Foi realizada calagem em Selvíria para elevação da saturação por bases a 70%, pois no ano seguinte seria introduzida a cultura do milho na área, utilizando-se 3400 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com PRNT de 85%, incorporado com a segunda gradagem.

Tabela 1 - Resultados de análise de amostras de solo da área experimental em Votuporanga, SP e Selvíria, MS amostrado a 0-0,20 m.

Local	P (Resina)	MO	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S-SO ₄	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----mmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	(%)
Votuporanga	28	14	5,2	3,8	16	8	16	0	2	63
Selvíria	8	19	4,2	1,0	6	6	47	8	3	22

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No início do mês de maio de 2008, na bordadura dos experimentos, realizou-se amostragens de solo deformadas, para fins de análises granulométrica, e indeformadas para determinação de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, conforme metodologia proposta por Kiehl (1979), Leamer e Shaw (1941, p. 1003-1008) Vomocil (1965), utilizando-se anéis de aproximadamente 100 cm³. Os resultados encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Análise granulométrica para as camadas de 0,05-0,15 m (1) e 0,20-0,40 m (2), em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008.

Local - Profundidade	Argila, %	Silte, %	Areia, %
	< 0,002	0,053 - 0,002	2,00 - 0,053
Votuporanga 1	12,5	1,0	86,5
Votuporanga 2	14,0	0,5	85,5
Selvíria 1	50,1	3,9	46,0
Selvíria 2	57,5	3,8	38,7

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 3 - Atributos físicos do solo iniciais, avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008.

Camada	Votuporanga, SP				Selvíria, MS			
	M	μ	PT	DS	M	μ	PT	DS
	----- m ³ m ⁻³ -----		kg dm ⁻³		----- m ³ m ⁻³ -----		kg dm ⁻³	
0-0,05 m	0,07	0,26	0,33	1,65	0,18	0,34	0,52	1,20
0,05-0,15 m	0,06	0,25	0,31	1,72	0,05	0,35	0,40	1,55
0,20-0,40 m	0,08	0,28	0,35	1,60	0,08	0,37	0,45	1,42

M = macroporosidade; μ = microporosidade; PT = porosidade total; DS = densidade do solo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.3 Caracterização do clima

O clima da região Noroeste do Estado de São Paulo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm, umidade relativa média anual de 64,8% e déficit hídrico acentuado nos meses de junho a setembro (HERNANDEZ et al., 1995).

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições.

Na análise estatística da resistência do solo à penetração foi considerado um esquema fatorial entre coberturas e profundidades.

3.5 Descrição dos tratamentos

Nas parcelas de 2,7 m de largura por 10 m de comprimento, foram implantadas as seguintes plantas de cobertura: sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar DKB 550, com 85% de germinação; milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) cultivar BN 2, com 60% de germinação; capim sudão (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) com VC de 43,5%, sendo corrigido para 100%; híbrido de sorgo com capim sudão (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) cultivar Cover Crop, com germinação de 74%, sendo acrescido 10% e *Urochloa ruziziensis* (Syn. *Brachiaria bryzantha*) (cultivar comum), com VC de 50,7%, sendo acrescido 10%, com as seguintes utilizações de sementes das plantas de cobertura: sorgo: 6, 7 e 8 kg ha⁻¹; milheto: 10, 15 e 20 kg ha⁻¹; capim sudão: 12, 15 e 18 kg ha⁻¹; híbrido de sorgo com capim sudão: 8, 9 e 10 kg ha⁻¹ e *Urochloa ruziziensis*: 8, 12 e 16 kg ha⁻¹, utilizando-se os seguintes espaçamentos entre linhas: sorgo: 0,45 m; milheto: 0,225 m; capim sudão: 0,225 m; híbrido de sorgo com capim sudão: 0,45 m e *Urochloa ruziziensis*: 0,225 m. Também se utilizou um tratamento testemunha deixando-se quatro parcelas em pousio no inverno de 2,7 m de largura por 10 m de comprimento, composta principalmente por *Cenchrus echinatus* L. e *Digitaria horizontalis* Willd, nos dois locais.

A descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos consta da Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos.

Coberturas	Densidade de semeadura	Espaçamento (m)	Gasto de sementes (kg ha ⁻¹)
Sorgo	D1	0,450	6
Sorgo	D2	0,450	7
Sorgo	D3	0,450	8
Milheto	D1	0,225	10
Milheto	D2	0,225	15
Milheto	D3	0,225	20
Capim sudão	D1	0,225	12
Capim sudão	D2	0,225	15
Capim sudão	D3	0,225	18
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	0,450	8
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	0,450	9
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	0,450	10
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,225	8
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,225	12
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,225	16
Pousio	-	-	-

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ano agrícola 2008/09

Plantas de cobertura

As plantas de cobertura foram semeadas em 24/03/2008 em Votuporanga, mecanicamente com semeadora de parcelas, e em 26/03/2008 em Selvíria, manualmente. Na adubação de semeadura das plantas de cobertura, realizada mecanicamente com semeadoras, utilizou-se o fertilizante formulado 08-28-16 nas doses de 170 e 315 kg ha⁻¹, em Votuporanga e Selvíria respectivamente. Na adubação de cobertura, realizada a lanço, utilizou-se em Votuporanga sulfato de amônio, na dose de 185 kg ha⁻¹, aos 15 dias após a semeadura e ureia, na dose de 170 kg ha⁻¹, aos 30 dias após a semeadura, e em Selvíria ureia, na dose de 65 kg ha⁻¹, e cloreto de potássio, na dose de 35 kg ha⁻¹, aos 30 dias após a semeadura. A calagem e as adubações foram realizadas em todos os tratamentos, inclusive nas parcelas em pousio,

sendo utilizada a cultura do sorgo granífero como referência para as adubações, por ser a cobertura mais exigente, baseadas nas recomendações do Boletim Técnico 100 (CANTARELLA; RAIJ; SAWAZAKIL, 1997, p. 66-67).

Foi realizado o corte das panículas do sorgo, do milho e do capim sudão, aos 115, 110 e 125 dias após a semeadura respectivamente, simulando-se a colheita de grãos e/ou sementes. O híbrido de sorgo com capim sudão e a *Urochloa ruziziensis* foram cortados a 0,20 m do solo e retirados da área, aos 95 e 145 dias após a semeadura, respectivamente, simulando-se ensilagem do híbrido e fenação da *Urochloa ruziziensis*. Na área em pousio deixaram-se as plantas daninhas desenvolverem-se. No final do mês de agosto de 2008 as plantas de cobertura e o pousio foram roçados. No início de novembro realizou-se a primeira dessecação, com glifosato (360 g/L equivalente ácido) na dose de 3,0 L ha⁻¹ do produto comercial (p.c.) e óleo mineral a 0,5%, e vinte dias após realizou-se a segunda dessecação com paraquat (200 g/L) + diuron (100 g/L) na dose de 1,3 L ha⁻¹ do p.c., associada a aplicação do inseticida cipermetrina (250 g/L) na dose de 0,1 L ha⁻¹ do p.c., para redução da população de lagartas e percevejos, pragas potenciais da cultura da soja.

Avaliações realizadas

As avaliações de fitomassa das coberturas foram realizadas no momento da colheita de grãos (sorgo), da colheita de sementes (milho e capim Sudão) e do corte (híbrido de sorgo x capim sudão e *Urochloa ruziziensis*), na pré-semeadura da soja, em 28/10/2008 e 06/11/2008, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente, e também no pleno florescimento da soja, em 19/02/2009 e 05/03/2009, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente, retirando-se duas amostras de 0,5 x 0,5 m por parcela, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada regulada a 65-70°C por 72 horas. Nas avaliações realizadas no corte/colheita das plantas de cobertura e pré-semeadura da soja, retirou-se a parte aérea das plantas de cobertura, e nas avaliações realizadas no pleno florescimento da soja, retirou-se os resíduos das plantas de cobertura presentes sobre o solo.

Avaliou-se também a produtividade de grãos, sementes e forragem das plantas de cobertura em Votuporanga e Selvíria, no momento do corte/colheita.

Cultura da soja

Após as dessecações foi semeada a cultura da soja em sistema de semeadura direta, nos dias 28/11/2008 e 03/12/2008, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente, utilizando-se

o cultivar M-Soy 7908 RR, no espaçamento de 0,45 m com 14 sementes m^{-1} , e 250 $kg\ ha^{-1}$ e 350 $kg\ ha^{-1}$ do adubo formulado 04-20-20, em Votuporanga e Selvíria, respectivamente, conforme Boletim Técnico 100 (MASCARENHAS; TANAKA, 1997, p. 202-203).

Foram realizados todos os tratamentos fitossanitários necessários para o desenvolvimento adequado da cultura. A colheita da soja foi realizada nos dias 08/04/2009 e 16/04/2009, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente.

Avaliações realizadas

Na cultura da soja a altura de plantas e a altura de inserção da primeira vagem, foram avaliadas em dez plantas das duas linhas centrais de cada parcela. O estande final, a quantidade total de vagens por planta, incluindo vagens com grãos chochos, a massa de cem grãos e a produtividade de grãos por planta, foram avaliados em três metros das duas linhas centrais de cada parcela. As avaliações foram realizadas no momento da colheita.

Efeito supressivo sobre plantas daninhas

As avaliações de massa e densidade de plantas daninhas m^{-2} foram realizadas após o corte/colheita das plantas de cobertura, retirando-se duas amostras de 0,5 x 0,5 m, totalizando 0,5 m^2 por parcela, as quais foram contadas e acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada regulada a 65-70°C por 72 horas, para posterior pesagem.

Cobertura do solo

As avaliações de cobertura do solo foram realizadas no momento da dessecação das plantas de cobertura e do pousio, e no pleno florescimento da soja, utilizando-se uma moldura de 0,5 x 0,5 m, com uma rede de arame espaçados a cada 0,05 m onde foi observada a presença de cobertura proporcionada pelas culturas de sucessão e pelas plantas daninhas nas interseções da rede de barbantes, conforme Alvarenga (1993, citado por SODRÉ FILHO et al. 2004, p. 327-334).

Alterações físicas no solo

No momento do florescimento pleno da soja, foi realizada a avaliação de resistência mecânica do solo à penetração, na entrelinha da cultura da soja, mediante o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar. A massa de impacto de quatro quilos

sofreu uma queda livre de 40 cm (STOLF et al., 1983, 8p.). Os resultados obtidos em impactos dm^{-1} foram convertidos em resistência dinâmica (MPa) por meio da fórmula (STOLF, 1991, p. 229-235): $\text{RP (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,89 \text{ N (impactos dm}^{-1}\text{)}$ (1). Para conversão da RP em kgf cm^{-2} para MPa, multiplicou-se o resultado obtido na equação 1 pela constante 0,0981. As avaliações foram realizadas no pleno florescimento da soja, nos dias 20/01/2009 e 02/02/2009 em Selvíria e Votuporanga, respectivamente.

Paralelamente às leituras de resistência à penetração, avaliou-se a umidade do solo no perfil analisado (0,00-0,40 m) e observou-se que a umidade estava homogênea sob as diferentes coberturas. Os resultados médios da umidade do solo foram de: $0,12 \text{ kg kg}^{-1}$ em Votuporanga e $0,21 \text{ kg kg}^{-1}$ em Selvíria.

Após a colheita da soja foi realizada a dessecação com glifosato (360 g/L equivalente ácido) na dose de $3,0 \text{ L ha}^{-1}$ do p.c. no dia 13/04/2009, em Votuporanga, e em Selvíria foi realizada uma dessecação com glifosato (360 g/L equivalente ácido) na dosagem de $4,0 \text{ L ha}^{-1}$ do p.c. no dia 13/04/2009 e outra com 2,4 D (670 g/L equivalente ácido) na dosagem de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ do p.c. no dia 27/04/2009.

Ano agrícola 2009/10

Alterações químicas no solo

Após a colheita do soja, foram retiradas duas amostras simples de solo por parcela, na profundidade de 0-0,20 m, as quais foram homogenizadas em uma amostra composta, para posterior análise química de fertilidade do solo, segundo a metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), realizada no Laboratório de Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP.

Plantas de cobertura

No segundo ano de estudo, a semeadura das plantas de cobertura foi realizada nos dias 13/04/2009, em Selvíria e 18/05/2009 em Votuporanga, manualmente sobre a palhada de soja cultivada anteriormente. As adubações foram novamente realizadas mecanicamente com semeadoras em todos os tratamentos, inclusive nas parcelas em pousio, utilizando-se o fertilizante formulado 08-28-16 nas doses de 300 kg ha^{-1} e 275 kg ha^{-1} em Votuporanga e Selvíria, respectivamente.

Como no ano anterior, foi realizado o corte das panículas do sorgo, do milho e do capim sudão, aos 115, 110 e 125 dias após a semeadura, respectivamente, simulando-se a colheita de grãos e/ou sementes. O híbrido de sorgo com capim sudão e a *Urochloa ruziziensis* foram cortados a 0,20 m do solo e retirados da área, aos 95 e 140 dias após a semeadura respectivamente, simulando ensilagem do híbrido e fenação da *Urochloa ruziziensis*. Na área em pousio deixou-se as plantas daninhas desenvolverem-se. No final do mês de julho e setembro de 2009 as plantas de cobertura foram roçadas, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente.

Nos dois locais, o milho apresentou grande redução de área foliar, devido a alta intensidade de ferrugem causada pelo fungo *Puccinia substriata* var. *penicillariae*, prejudicando o desenvolvimento da cultura e reduzindo a produtividade de matéria seca.

Em Votuporanga foi realizada a dessecação das plantas de cobertura utilizando-se glifosato (360 g/L equivalente ácido) na dose de 3,0 L ha⁻¹ do p.c. e óleo mineral na concentração de 0,5% em 19/11/2009 e repetida em 08/12/2009 por falha da primeira dessecação. A segunda dessecação foi realizada em 14/12/2009 utilizando-se paraquat (200 g/L), na dose de 1,5 L ha⁻¹ do p.c.

Em Selvíria foi realizada a dessecação das plantas de cobertura utilizando-se glifosato (360 g/L equivalente ácido) na dosagem de 3,0 L ha⁻¹ do p.c. e óleo mineral na concentração de 0,5% em 04/11/2009. A segunda dessecação foi realizada em 25/11/2009 utilizando-se paraquat (200 g/L), na dose de 1,0 L ha⁻¹ p.c.

Avaliações realizadas

As avaliações de fitomassa das coberturas foram realizadas no momento da colheita de grãos (sorgo), da colheita de sementes (milho e capim sudão) e do corte (híbrido de sorgo x capim sudão e *Urochloa ruziziensis*), na pré-semeadura do milho, em 04/11/2009 e 16/11/2009, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente, e também no pleno florescimento do milho, em 21/03/2010 e 26/03/2010, em Selvíria e Votuporanga, respectivamente, retirando-se duas amostras de 0,5 x 0,5 m por parcela, as quais foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa termoeletrica regulada a 65-70°C por 72 horas. Nas avaliações realizadas no corte/colheita das plantas de cobertura e pré-semeadura do milho, retirou-se a parte aérea das plantas de cobertura, e nas avaliações realizadas no pleno florescimento do milho, retirou-se os resíduos das coberturas presentes sobre o solo.

Neste ano não foi avaliada a produtividade de grãos, sementes e forragem das plantas de cobertura em Votuporanga e Selvíria, no momento do corte/colheita, pelo excessivo ataque de pássaros nos dois locais ao sorgo, milheto e capim sudão.

No florescimento pleno das coberturas, após secagem e avaliação da fitomassa, as amostras foram encaminhadas para análise de teores de macronutrientes, no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP.

Cultura do milho

Em Votuporanga, após as dessecações, foi realizada a semeadura do milho, em sistema de semeadura direta, em 14/12/2009, utilizando-se o híbrido DKB 350, com 5,1 sementes m^{-1} , no espaçamento de 0,8 m. Na adubação de semeadura, utilizou-se 300 $kg\ ha^{-1}$ do adubo formulado 08-20-20, conforme Boletim Técnico 100 (RAIJ; CANTARELLA, 1997, p. 56-59). Foram realizados todos os tratamentos fitossanitários necessários para o desenvolvimento adequado da cultura. As adubações de cobertura foram realizadas em 30/12/2009 e em 11/01/2010, utilizando-se sulfato de amônio, na dose de 250 $kg\ ha^{-1}$, conforme Boletim Técnico 100 (RAIJ; CANTARELLA, 1997, p. 56-59).

Em Selvíria, após as dessecações, foi realizada a semeadura do milho em 25/11/2009, utilizando-se o híbrido DKB 350, com 6,0 sementes m^{-1} , no espaçamento de 0,8 m. Na adubação de semeadura, utilizou-se 320 $kg\ ha^{-1}$ do adubo formulado 08-28-16, conforme Boletim Técnico 100 (RAIJ; CANTARELLA, 1997, p. 56-59). Foram realizados todos os tratamentos fitossanitários necessários para o desenvolvimento adequado da cultura. As adubações de cobertura foram realizadas em 15/12/2009, utilizando-se 300 $kg\ ha^{-1}$ do adubo formulado 20-00-20, e em 22/12/2009, utilizando-se 175 $kg\ ha^{-1}$ de sulfato de amônio, conforme Boletim Técnico 100 (RAIJ; CANTARELLA, 1997, p.56-59).

A colheita do milho foi realizada no dia 15/04/2010 em Selvíria e no dia 26/04/2010 em Votuporanga.

Avaliações realizadas

Na cultura do milho avaliou-se o estande final de plantas, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, número de espigas, massa de cem grãos e produtividade de grãos da cultura do milho, em 3 m das duas linhas centrais de cada parcela.

Efeito supressivo e alelopático sobre plantas daninhas

Novamente as avaliações de massa e densidade de plantas daninhas m^{-2} foram realizadas após o corte/colheita das plantas de cobertura, retirando-se duas amostras de 0,5 x 0,5 m, totalizando 0,5 m^2 por parcela, as quais foram contadas e acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa termoelétrica de ventilação forçada a 65-70°C por 72 horas, para posterior pesagem.

Cobertura do solo

As avaliações de cobertura do solo foram realizadas no momento da dessecação das plantas de cobertura e do pousio, e no pleno florescimento do milho, utilizando-se a mesma metodologia do ano anterior.

Alterações físicas no solo

No momento do florescimento pleno do milho, nos dias 18/02/2010 e 05/03/2010 em Selvíria e Votuporanga, respectivamente, foi realizada a avaliação de resistência mecânica do solo à penetração, nas entrelinhas da cultura do milho, mediante o uso do penetrômetro de impacto, utilizando-se a mesma metodologia do ano anterior.

Paralelamente às leituras de resistência à penetração, avaliou-se a umidade do solo no perfil analisado (0,00-0,40 m) e observou-se que a umidade estava homogênea sob as diferentes plantas de cobertura. Os resultados médios da umidade do solo foram de: 0,08 $kg\ kg^{-1}$ em Votuporanga e 0,14 $kg\ kg^{-1}$ em Selvíria.

Após a colheita do milho realizou-se amostragem de solo indeformada para determinação de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, conforme metodologia proposta por Kiehl (1979); Leamer e Shaw (1941, p. 1003-1008); Vomocil (1965), nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, utilizando-se anéis de aproximadamente 100 cm^3 , em dois pontos por parcela.

Alterações químicas no solo

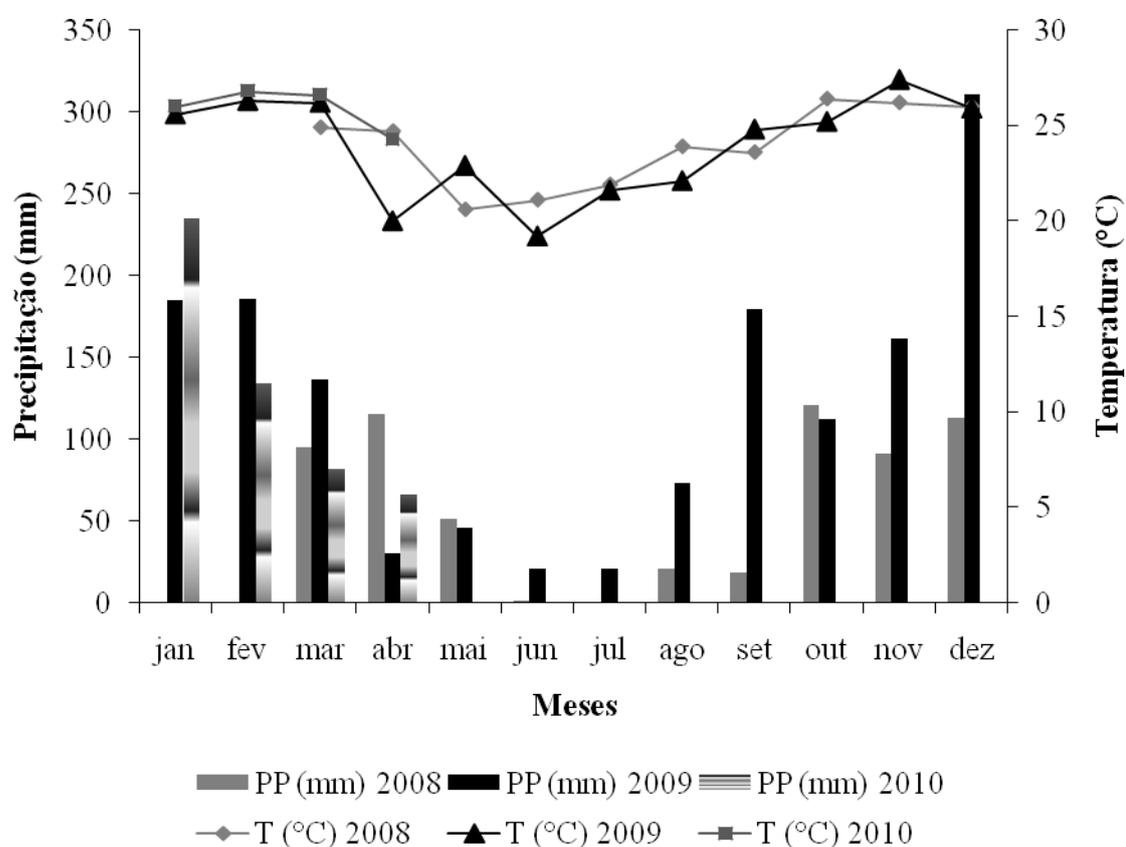
Após a colheita do milho, foram retiradas duas amostras simples de solo por parcela, na profundidade de 0-0,20 m, as quais foram homogenizadas em uma amostra composta, para posterior análise química de fertilidade do solo, segundo a metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), realizada no Laboratório de Fertilidade de Solo, do Departamento de

Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP.

Dados climáticos

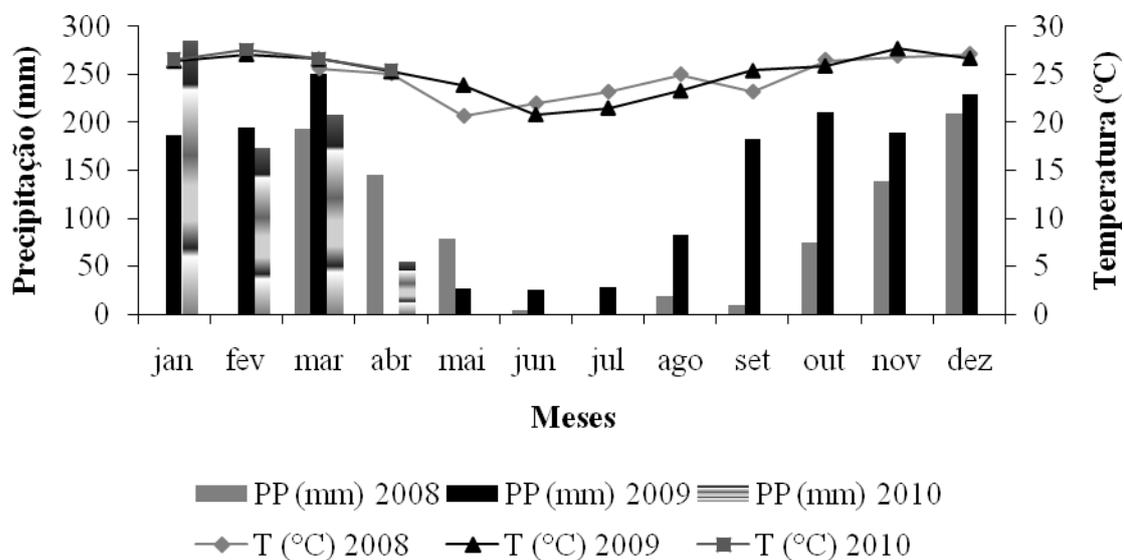
Os dados climáticos de precipitação pluvial (mm) e temperatura média mensal (°C), em Votuporanga e Selvíria, no período estudado, entre março de 2008 a abril de 2010, estão apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 - Dados de precipitação pluvial (PP) e temperatura média (T), em Votuporanga, SP, no período estudado, março de 2008 a abril de 2010.



Fonte: CIIAGRO (2012)

Figura 2 - Dados de precipitação pluvial (PP) e temperatura média (T), em Ilha Solteira, SP, no período estudado, março de 2008 a abril de 2010.



Fonte: CIIAGRO (2012)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ano agrícola 2008/09

4.1.1 Plantas de cobertura

4.1.1.1 Fitomassa

Os valores médios de produtividade de matéria seca das plantas de cobertura e das plantas daninhas no pousio, no corte/colheita das plantas de cobertura, na pré-semeadura e no florescimento da soja, constam da Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios de produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}) de plantas de cobertura e pousio, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, na colheita/corte (1), na dessecação (2) e no florescimento da soja (3).

Coberturas	Votuporanga, SP			Selvíria, MS			
	1	2	3	1	2	3	
-----kg ha ⁻¹ -----							
Sorgo	D1	13997 bcd	3499 bc	2117 bc	11932 abc	2350 de	1866 ef
Sorgo	D2	16155 bc	3846 bc	1726 c	12557 ab	3350 cde	2213 ef
Sorgo	D3	15260 bcd	4498 abc	2538 bc	11918 abc	3000 cde	2296 def
Milheto	D1	7398 ef	2884 c	3152 abc	6283 cd	2650 cde	2342 def
Milheto	D2	6310 f	3487 bc	3536 abc	6188 cd	3250 cde	1965 ef
Milheto	D3	7393 ef	3610 bc	2549 bc	5773 d	2500 de	2782 cdef
Capim sudão	D1	12596 cde	6863 ab	4784 a	6896 bcd	7650 ab	6208 a
Capim sudão	D2	12050 cdef	6340 abc	3605 abc	6824 bcd	7475 ab	4683 abc
Capim sudão	D3	11150 cdef	7918 a	3708 abc	6654 bcd	8750 a	5190 ab
Híbrido	D1	19811 ab	6324 abc	2571 bc	14774 a	1450 e	2019 ef
Híbrido	D2	23773 a	7559 a	2636 bc	13322 a	933 e	1647 ef
Híbrido	D3	23041 a	5464 abc	1796 bc	15422 a	1217 e	1243 f
<i>U. ruziziensis</i>	D1	10814 cdef	4686 abc	3323 abc	11050 abcd	5650 bc	4335 abcd
<i>U. ruziziensis</i>	D2	10194 cdef	5486 abc	3786 ab	11266 abcd	5675 bc	5817 a
<i>U. ruziziensis</i>	D3	9399 def	5471 abc	3723 abc	9806 abcd	5125 bcd	4781 abc
Pousio	-	-	3644 bc	3718 abc	-	3400 cde	3575 bcde
DMS		6235	3458	2017	6044	3044	2118
CV (%)		18,42	26,46	25,56	23,63	29,49	24,96

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No momento do corte/colheita das plantas de cobertura em 2008, nos dois locais, as três densidades de semeadura do híbrido de sorgo com capim sudão apresentaram as maiores produtividades de matéria seca (MS), superior a 13000 kg ha^{-1} e diferiram das três densidades de semeadura do milho e do capim sudão, com produtividades de MS superior a 6600 kg ha^{-1} para o capim sudão e 5700 kg ha^{-1} para o milho, sendo esta produtividade superior a encontrada por Sodré Filho et al. (2004, p. 327-334), que obtiveram 1900 kg ha^{-1} de matéria seca de milho comum, na região de Planaltina (DF) e por Torres et al. (2005, p. 609-618), que constataram, em Uberaba (MG), 3600 kg ha^{-1} de matéria seca para o milho, semeado no início do período seco que coincide com o inverno na região. No entanto, a produtividade do milho foi inferior a encontrada por Boer et al. (2008, p. 843-851), que obtiveram 10800 kg ha^{-1} de massa seca de milho em Rio Verde (GO), semeado em abril no início do período da

seca, sendo que os autores relacionaram a alta produção ao elevado volume de chuva acumulado no período de abril a junho do ano do experimento (307 mm) e a qualidade das sementes melhoradas; por Torres (2003), que avaliou seis plantas de cobertura: milheto, *Urochloa brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, *Crotalaria juncea* e aveia preta, além de uma área em pousio e da testemunha (semeadura convencional), em Uberaba (MG), e constatou que no primeiro ano agrícola estudado 2000/01, o milheto foi a planta que apresentou a maior produção de matéria seca 10280 kg ha⁻¹ e o guandu a menor produção 1640 kg ha⁻¹ e que as demais coberturas apresentaram produtividades intermediárias com produção de matéria seca variando entre 2000 a 7000 kg ha⁻¹; e por Guimarães (2000), que avaliou o efeito de rotações de culturas no verão (milho e soja), com uso da área no inverno (feijão, milheto, mucuna, *Urochloa* e pousio), e observou que a produtividade de matéria seca foi 7199, 7296, 7143, 6912 e 7479 kg ha⁻¹, respectivamente.

A produtividade de MS do sorgo, no momento do corte/colheita variou de 13997 a 16155 kg ha⁻¹, em Votuporanga e de 11918 a 12557 kg ha⁻¹, em Selvíria, valor semelhante ao encontrado por Bordin et al. (2003, p. 417-428), que semearam sorgo e milheto no final das chuvas e obtiveram, respectivamente, 12686 kg ha⁻¹ e 9579 kg ha⁻¹ de matéria seca aos 70 dias após semeadura.

Na pré-semeadura da soja, a densidade 3 do capim sudão apresentou a maior produtividade de MS nos dois locais, superior a 7900 kg ha⁻¹. Em Selvíria, o híbrido de sorgo com capim sudão, provavelmente devido às condições climáticas desfavoráveis com ausência de pluviosidade no mês de julho, conforme Figuras 1 e 2, e altura de corte muito próxima ao solo, teve seu rebrote comprometido após o corte para ensilagem, apresentando uma produtividade de MS inferior a 1500 kg ha⁻¹.

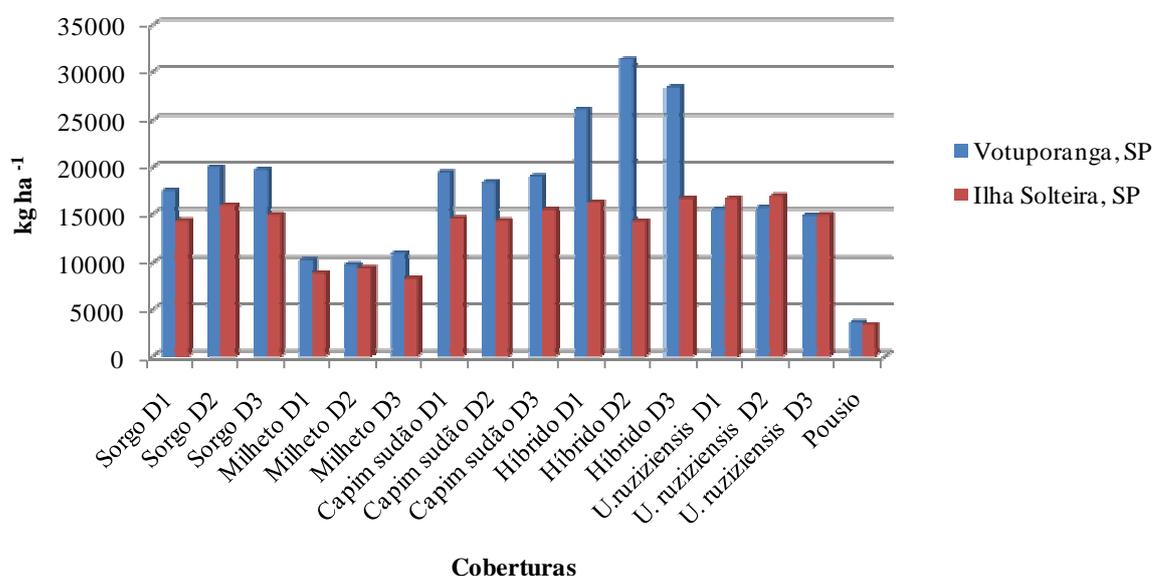
No florescimento da soja, a densidade 1 do capim sudão e a densidade 2 da *Urochloa ruziziensis* apresentaram as maiores produtividades de MS nos dois locais. Fabian (2009) pesquisou cinco coberturas do solo: *Urochloa brizantha*, *Crotalaria juncea*, milheto (*Pennisetum americanum*), pousio e ausência de cobertura, com a semeadura da *Urochloa brizantha*, *Crotalaria juncea* e milheto realizada na primeira semana de abril, e com as culturas de soja e milho cultivadas no verão, em Uberaba (MG), em um Latossolo Vermelho distrófico textura franco-argilo-arenosa, e observou nas avaliações de produtividade de MS realizadas em 2005, maiores valores nas parcelas com *Urochloa brizantha*. No ano de 2006, não observou diferenças significativas nas produções de MS das coberturas, sendo seus

valores inferiores quando comparados aos de 2005. O autor citou que esses resultados podem ser explicados pela má distribuição de chuvas no período de maio a setembro de 2006.

O pousio apresentou produtividade de MS entre 3400 e 3644 kg ha⁻¹ na pré-semeadura e entre 3575 e 3718 kg ha⁻¹ no florescimento da soja, valores semelhantes ao constatado por Nunes et al. (2006, p. 943-948), que obtiveram produtividade de 3600 kg ha⁻¹ para a área em pousio, avaliando a produção de palhada de plantas de cobertura e produtividade do feijão em sistema de semeadura direta, em Diamantina (MG).

Na Figura 3 constam as produtividades acumuladas de MS das diferentes coberturas, no momento do corte/colheita das plantas de cobertura e na pré-semeadura da soja. Na área sob pousio, deixaram-se as plantas daninhas desenvolverem-se e na pré-semeadura da soja avaliou-se toda a MS presente sobre o solo.

Figura 3 - Produtividade acumulada de matéria seca pelas coberturas, obtidas no momento do corte/colheita das plantas de cobertura e na pré-semeadura da cultura da soja, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2008.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Com exceção da densidade 2 do milheto, em Votuporanga, e das três densidades de semeadura do milheto, em Selvíria, todas as plantas de cobertura propiciaram acúmulo de matéria seca superior a 10000 kg ha⁻¹, quantidade mínima de matéria seca acumulada por ano, em região de cerrado, para manutenção adequada do sistema de semeadura direta, segundo Cordeiro (1999, p. 165-190) e Amado (2000, p. 105-111).

O pousio acumulou quantidade inferior a 4000 kg ha⁻¹, nos dois locais. Segundo Stone et al. (2006, p. 577-582) a cobertura morta, resultante dos restos culturais de culturas anteriores e de plantas daninhas, geralmente é insuficiente para a plena cobertura do solo.

4.1.1.2 Produtividade de grãos, sementes e forragem

Na Tabela 6 constam os valores médios de produtividade de grãos, sementes e forragem das plantas de cobertura em Votuporanga e Selvíria, no momento do corte/colheita, em 2008. Tendo em vista que todos os tratamentos foram adubados, inclusive o pousio, deve-se considerar a possível renda líquida obtida com a produtividade de grãos (sorgo), sementes (milheto e capim sudão), silagem (híbrido de sorgo com capim sudão) e fenação (*Urochloa ruziziensis*), e esta deve ser somada a renda líquida da produção de grãos de soja.

Tabela 6 - Produtividade média de grãos, sementes e forragem pelas plantas de cobertura, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento do corte/colheita, 2008.

Plantas de cobertura	Votuporanga, SP	Selvíria, MS
	-----kg ha ⁻¹ -----	
Sorgo (grãos)	3125	3411
Milheto (semente)	1421	500
Capim sudão (semente)	332	193
Híbrido (silagem)	22066	14505
<i>Urochloa ruziziensis</i> (feno)	10136	10707

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.1.1.3 Efeito supressivo sobre plantas daninhas

Os valores médios obtidos para massa e densidade de plantas daninhas m⁻², no momento do corte/colheita das plantas de cobertura, em Votuporanga e Selvíria, no primeiro ano de estudo constam da Tabela 7.

Nos dois locais, as três densidades de semeadura do capim sudão e da *Urochloa ruziziensis*, propiciaram as menores quantidades e menor massa de plantas daninhas m⁻², diferindo, em quantidade, das três densidades de semeadura do sorgo e das densidades 1 e 2 do milheto, em Votuporanga, e do pousio, das três densidades de semeadura do milheto e do

híbrido de sorgo com capim sudão e das densidades de semeadura 1 e 3 do sorgo, em Selvíria, e diferindo em massa do pousio e das três densidades de semeadura do sorgo e da densidade de semeadura 1 do milho, em Votuporanga, e do pousio, das densidades de semeadura 1 e 3 do milho e das densidades de semeadura 1 e 2 do híbrido de sorgo com capim sudão, em Selvíria, sendo que o pousio diferiu de todas as coberturas nos dois locais. Destaca-se que todas as parcelas foram adubadas, inclusive o pousio, o que pode ter favorecido a elevada massa de plantas daninhas m^{-2} desta cobertura.

Tabela 7 - Massa e densidade de plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento do corte/colheita das plantas de cobertura, 2008.

Coberturas	Votuporanga, SP		Selvíria, MS	
	Massa (g)	Plantas m^{-2}	Massa (g)	Plantas m^{-2}
Sorgo	D1 63,1025 b	17,7500 a	57,72 bc	45,00 a
Sorgo	D2 27,7000 cde	15,2500 ab	41,81 bc	42,75 ab
Sorgo	D3 47,7500 bc	14,50 ab	52,16 bc	46,00 a
Milho	D1 32,6350 cd	18,2500 a	77,24 b	50,50 a
Milho	D2 15,0000 def	14,0000 abc	59,39 bc	44,25 a
Milho	D3 8,9950 ef	7,7500 bcd	96,81 b	64,75 a
Capim sudão	D1 0,0001 f	0,0001 d	2,98 c	4,75 c
Capim sudão	D2 0,0025 f	0,0025 d	5,27 c	7,25 bc
Capim sudão	D3 0,0001 f	0,0001 d	6,22 c	7,50 bc
Híbrido de sorgo com c. sudão	D1 3,4875 f	6,7500 bcd	74,41 b	53,50 a
Híbrido de sorgo com c. sudão	D2 6,0500 ef	10,5000 abc	77,22 b	55,50 a
Híbrido de sorgo com c. sudão	D3 5,4625 ef	10,5000 abc	59,04 bc	44,25 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1 0,6100 f	0,5000 d	6,26 c	1,25 c
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2 0,5900 f	0,5000 d	2,64 c	4,25 c
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3 0,1800 f	0,2500 d	7,14 c	7,25 bc
Pousio	256,80 a	4,4850 cd	340,00 a	67,00 a
DMS	23,0705	9,2960	57,56	36,04
CV (%)	30,75	47,71	37,18	41,21

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.1.1.4 Cobertura do solo

Os valores médios de cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, antes da primeira dessecação, em novembro de 2008, e no florescimento da soja constam das Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Tabela 8 - Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento da dessecação, novembro de 2008.

Coberturas		Votuporanga, SP		Selvíria, MS	
		Plantas de cobertura	Plantas daninhas	Plantas de cobertura	Plantas daninhas
		----- % -----			
Sorgo	D1	40 de	56 a	58 b	24 b
Sorgo	D2	37 e	58 a	56 b	27 b
Sorgo	D3	52 cde	45 a	52 b	26 b
Milheto	D1	83 ab	17 bc	36 b	45 a
Milheto	D2	90 ab	9 bc	40 b	47 a
Milheto	D3	99 a	0 c	29 b	58 a
C. sudão	D1	99 a	0 c	99 a	0 c
C. sudão	D2	99 a	0 c	99 a	0 c
C. sudão	D3	98 a	0 c	100 a	0 c
Híbrido	D1	67 bcd	16 bc	46 b	13 bc
Híbrido	D2	71 abc	23 b	40 b	4 c
Híbrido	D3	64 bcde	14 bc	40 b	5 c
<i>U. ruziziensis</i>	D1	100 a	0 c	99 a	0 c
<i>U. ruziziensis</i>	D2	100 a	0 c	99 a	0 c
<i>U. ruziziensis</i>	D3	100 a	0 c	99 a	0 c
Pousio		99 a	-	95 a	-
DMS		29,70	17,03	30,02	16,68
CV %		14,61	41,93	17,8	39,46

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 9 - Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no florescimento da soja, fevereiro de 2009.

Coberturas		Votuporanga, SP		Selvíria, MS	
		Plantas de cobertura	Plantas daninhas	Plantas de cobertura	Plantas daninhas
		----- % -----			
Sorgo	D1	40 cd	4 cd	28 b	0 c
Sorgo	D2	36 cd	2 fg	27 b	1 c
Sorgo	D3	36 cd	7 b	18 b	1 c
Milheto	D1	85 ab	4 cd	27 b	0 c
Milheto	D2	67 abcd	5 c	30 b	13 a
Milheto	D3	61 abcd	5 c	25 b	3 b
C. sudão	D1	86 a	2 efg	94 a	0 c
C. sudão	D2	86 a	2 def	88 a	0 c
C. sudão	D3	72 abc	4 cde	92 a	0 c
Híbrido	D1	37 cd	7 b	10 b	0 c
Híbrido	D2	32 d	11 a	21 b	3 b
Híbrido	D3	46 bcd	2 fgh	8 b	1 c
<i>U. ruziziensis</i>	D1	90 a	1 gh	97 a	0 c
<i>U. ruziziensis</i>	D2	84 ab	1 gh	98 a	0 c
<i>U. ruziziensis</i>	D3	83 ab	0 h	80 a	0 c
Pousio		97 a	-	36 b	-
DMS		39,18	1,82	29,23	1,40
CV %		23,55	19,08	23,39	36,07

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Antes da primeira dessecação, em Votuporanga, as três densidades de semeadura do sorgo proporcionaram as menores coberturas do solo, favorecendo a cobertura do solo pelas plantas daninhas superior a 45%, e em Selvíria, as três densidades de semeadura do milho proporcionaram as menores coberturas do solo, favorecendo também a cobertura do solo pelas plantas daninhas, superior a 45%. Já Farinelli et al. (2004, p. 391-401) pesquisaram a porcentagem de cobertura do solo com milho, em Botucatu (SP), semeado em abril, maio e junho, e constataram a cobertura do solo antes do manejo final variando de 80 a 90%, e Sodré Filho et al. (2004, p. 327-334) estudaram a porcentagem de cobertura do solo dos resíduos vegetais de milho e *Crotalaria juncea*, em Planaltina (DF), semeadas em abril e manejadas com roçadora após 67 e 95 dias, respectivamente, quando apresentavam 50% de florescimento e verificaram que 30 dias após o manejo (DAM) os resíduos de milho

cobriam o solo em 83% e os de crotalária em 87%. Aos 90 DAM, a porcentagem caiu para 31% com o milho e 50% com a crotalária. A menor cobertura pelas plantas daninhas foi proporcionada pela *Urochloa ruziziensis* e pelo capim sudão, nos dois locais, e também pela densidade 3 do milho em Selvíria, com valores de cobertura inferiores a 1%.

No florescimento da soja, a *Urochloa ruziziensis* manteve a cobertura do solo superior a 79%, proporcionando novamente menor cobertura do solo pelas plantas daninhas nos dois locais. Em Votuporanga, com exceção da densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão, todas as densidades de semeadura das plantas de cobertura e o pousio apresentaram cobertura do solo superior a 35%. Já Assis et al. (2011) avaliaram três plantas de cobertura do solo, para o sistema de semeadura direta: milho, cultivar ADR 500 e dois híbridos de sorgo com capim sudão (jumbo e cover crop), em Rio Verde (GO) e verificaram para o híbrido cover crop, 97, 95, 90, 88, 83, 79 e 78% de cobertura do solo, aos 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o manejo, respectivamente. Em Selvíria, somente a *Urochloa ruziziensis* e o capim sudão apresentaram cobertura superior a 35%. Fabian (2009) verificou que as plantas utilizadas como coberturas do solo, *Urochloa brizantha*, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum americanum*, pousio e ausência de cobertura, proporcionaram cobertura acima de 67% até o período que antecedeu a semeadura das culturas de verão, ou seja, durante o período de julho a novembro, nos dois anos agrícolas avaliados, e que a porcentagem de cobertura do solo, proporcionada pelas culturas após a semeadura das culturas de verão, se manteve acima de 35%, valor esse definido como limite para manejos do solo considerados como conservacionistas (SODRÉ FILHO et al., 2004, p. 327-334), o que proporcionou cobertura adequada ao solo até que as culturas de soja e milho se desenvolvessem e cobrissem o solo. Por outro lado, estudando o efeito das coberturas de inverno centeio, aveia, azevém, ervilhaca e nabo forrageiro, Bittencourt et al. (2009, p. 689-694) não verificaram efeitos da produção de biomassa das culturas de cobertura de inverno sobre a inibição da presença de plantas espontâneas de verão.

4.1.2 Cultura da soja

Os valores médios obtidos para altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e estande final da cultura da soja, em Votuporanga e Selvíria constam das Tabelas 10 e 12, respectivamente e a massa de cem grãos, número de vagens por planta, e produtividade de grãos, da cultura da soja, em Votuporanga e Selvíria constam das Tabelas 11 e 13, respectivamente.

Tabela 10 - Altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e estande final da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Votuporanga, 2009.

Coberturas		Altura de inserção (m)	Altura de plantas (m)	Estande final (plantas m ⁻¹)
Sorgo	D1	0,16	0,49	8,50
Sorgo	D2	0,15	0,53	9,38
Sorgo	D3	0,11	0,47	8,46
Milheto	D1	0,14	0,47	9,21
Milheto	D2	0,12	0,46	8,63
Milheto	D3	0,16	0,52	8,21
Capim sudão	D1	0,13	0,48	9,00
Capim sudão	D2	0,13	0,43	9,13
Capim sudão	D3	0,14	0,5	9,04
Híbrido	D1	0,12	0,46	7,96
Híbrido	D2	0,14	0,46	8,88
Híbrido	D3	0,13	0,44	8,17
<i>U. ruziziensis</i>	D1	0,14	0,51	8,92
<i>U. ruziziensis</i>	D2	0,13	0,47	8,67
<i>U. ruziziensis</i>	D3	0,12	0,49	9,84
Pousio		0,15	0,55	8,28
DMS		10,11	13,86	2,8
CV (%)		29,09	11,19	12,46

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 11 - Número de vagens planta por planta, massa de cem grãos, e produtividade de grãos da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Votuporanga, 2009.

Coberturas		Número de vagens planta ⁻¹	Massa de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Sorgo	D1	105,00	18,63	4147 ab
Sorgo	D2	81,75	18,41	4219 ab
Milheto	D3	105,50	17,48	4097 ab
Milheto	D1	97,25	18,72	4613 ab
Milheto	D2	91,00	19,76	4639 ab
Sorgo	D3	91,50	18,55	4218 ab
C. sudão	D1	90,75	18,46	3974 ab
C. sudão	D2	75,25	18,66	3841 ab
C. sudão	D3	67,00	17,43	3274 b
Híbrido	D1	86,00	17,82	3800 ab
Híbrido	D2	82,25	17,82	3987 ab
Híbrido	D3	92,75	19,01	4115 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D1	72,50	18,70	4396 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D2	85,25	18,00	4721 a
<i>U. ruziziensis</i>	D3	103,50	18,04	4679 a
Pousio		94,00	18,30	4194 ab
DMS		59,37	3,44	1381
CV (%)		26,08	7,3	12,88

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 12 - Altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e estande final da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Selvíria, 2009.

Coberturas		Altura de inserção (m)	Altura de plantas (m)	Estande final (plantas m ⁻¹)
Sorgo	D1	0,14 d	0,71	8,46
Sorgo	D2	0,18 bcd	0,73	8,33
Sorgo	D3	0,19 abcd	0,75	7,63
Milheto	D1	0,17 bcd	0,82	9,00
Milheto	D2	0,18 bcd	0,71	6,58
Milheto	D3	0,16 cd	0,72	9,17
Capim sudão	D1	0,19 abcd	0,78	8,46
Capim sudão	D2	0,22 abc	0,73	8,08
Capim sudão	D3	0,20 abcd	0,74	8,50
Híbrido	D1	0,17 bcd	0,68	8,79
Híbrido	D2	0,20 abcd	0,78	7,50
Híbrido	D3	0,16 cd	0,76	8,38
<i>U. ruziziensis</i>	D1	0,21 abc	0,83	8,54
<i>U. ruziziensis</i>	D2	0,25 a	0,82	8,34
<i>U. ruziziensis</i>	D3	0,24 ab	0,85	8,34
Pousio		0,17 bcd	0,78	8,58
DMS		6,67	23,36	4,07
CV (%)		13,74	11,96	19,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 13 - Número de vagens planta por planta, massa de cem grãos, e produtividade de grãos da cultura da soja, sobre diferentes coberturas, Selvíria, 2009.

Coberturas		Número de vagens planta ⁻¹	Massa de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Sorgo	D1	102,50	16,47	3347
Sorgo	D2	73,00	16,91	2420
Sorgo	D3	83,25	15,67	2289
Milheto	D1	83,75	16,60	2396
Milheto	D2	64,25	15,81	2474
Milheto	D3	74,25	16,55	2686
Capim sudão	D1	78,00	16,33	2853
Capim sudão	D2	69,75	16,40	2787
Capim sudão	D3	69,75	15,57	2511
Híbrido	D1	91,50	15,74	2854
Híbrido	D2	93,25	16,44	2424
Híbrido	D3	106,75	15,74	2827
<i>U. ruziziensis</i>	D1	67,50	15,96	2941
<i>U. ruziziensis</i>	D2	67,50	16,30	2266
<i>U. ruziziensis</i>	D3	50,50	15,92	2537
Pousio		95,00	15,06	2545
DMS		56,72	2,62	1228
CV (%)		27,86	6,34	18,19

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em Votuporanga, a densidade 3 do sorgo e da *Urochloa ruziziensis* proporcionaram altura de inserção da primeira vagem inferior a 0,12 m. Em Selvíria, todas as coberturas propiciaram altura de inserção superior a 0,12 m, sendo que as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* e a densidade 2 do capim sudão apresentaram as maiores alturas de inserção, diferindo da densidade 1 do sorgo. Segundo Yokomizo (1999), valores de inserção da primeira vagem inferiores a 0,12 m podem resultar em perdas na colheita e, em consequência, reduzir os ganhos dos produtores.

A altura de plantas não foi influenciada pelas coberturas, no entanto, em Votuporanga, todas as coberturas propiciaram altura de plantas inferior a 0,60 m e em Selvíria, todas as coberturas propiciaram altura de plantas superior a 0,60 m. Rezende e Carvalho (2007, p. 1616-1623) consideram alturas de plantas de soja compreendidas entre 0,60 e 1,20 m como adequadas à mecanização da colheita.

Em relação a produtividade de grãos, em Votuporanga, as densidades 2 e 3 da *Urochloa ruziziensis* propiciaram as maiores produtividades, superior a 4650 kg ha⁻¹, diferindo da densidade 3 do capim sudão que apresentou produtividade de 3274 kg ha⁻¹, sendo esta produtividade superior a média nacional da safra 2008/09 que foi de 2629 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012). Em Selvíria, somente a densidade 1 do sorgo, a densidade 3 do milho, as densidades 1 e 2 do capim sudão, as densidades 1 e 3 do híbrido de sorgo com capim sudão e a densidade 1 da *Urochloa ruziziensis*, apresentaram produtividades superior a 2629 kg ha⁻¹, no entanto não foi verificado efeito das coberturas na produtividade de grãos. Guimarães (2000) avaliou o efeito de rotações de culturas no verão (milho e soja), com uso da área no inverno (feijão, milho, mucuna, braquiária e pousio), observou que a produtividade de grãos de soja foi 3434, 3565, 3803, 3759 e 3648 kg ha⁻¹, no entanto, também constatou que a produtividade de soja não diferiu significativamente entre os tratamentos. Torres (2003) também não verificou diferença significativa na produtividade da soja, trabalhando com milho, *Urochloa brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, *Crotalaria juncea* e aveia preta, como plantas de cobertura na região de Uberaba (MG), semeadas em agosto. Fabian (2009), também não encontrou diferenças significativas na produtividade da soja e massa de cem grãos, trabalhando com *Urochloa brizantha*, *Crotalaria juncea* e milho, como plantas de cobertura, pousio e ausência de cobertura, em Uberaba (MG), semeadas na primeira semana de abril.

As características estande final, altura de plantas, número de vagens por planta e massa de cem grãos, não apresentaram diferenças entre si, ao nível de 5% de probabilidade. Carvalho et al. (2004, p. 1141-1148) também não constataram diferenças significativas, na massa de cem grãos avaliando a soja em sucessão a mucuna-preta, guandu, *Crotalaria juncea* e milho, e área de pousio (vegetação espontânea), no sistema de semeadura direta e convencional em solo de cerrado. Muraishi et al. (2005, p. 199-207) pesquisaram o comportamento do milho e da soja em semeadura direta sobre a palha de diferentes culturas de cobertura arroz, sorgo grânifero, *Urochloa decumbens*, *Urochloa brizantha*, milho e capim pé-de-galinha, manejadas química ou mecanicamente, com 4 ou com 38 dias de antecedência à semeadura, em Selvíria (MS), e não encontraram diferenças na população final, altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta, na cultura da soja, com relação às culturas de cobertura utilizadas arroz, sorgo, *U. decumbens* e *U. brizantha*, milho e capim pé-de-galinha, no entanto verificaram diferenças com relação a altura de plantas e massa de mil grãos.

A produtividade de MS acima de 3700 kg ha⁻¹ (Tabela 5) e cobertura do solo superior a 70%, do momento da semeadura até o florescimento da soja (Tabelas 9 e 10) da densidade 3 do capim sudão, em Votuporanga, não refletiram na produtividade de grãos da soja (Tabela 12).

4.1.3 Alterações físicas no solo

4.1.3.1 Resistência do solo à penetração

Os valores médios de resistência do solo à penetração (RP), em diferentes profundidades, sob o cultivo das plantas de cobertura e do pousio, em Votuporanga e Selvíria, no momento do florescimento pleno da soja, constam das Tabelas 14 e 15, respectivamente.

Em Votuporanga, somente na camada de 0,24-0,30 m, as coberturas propiciaram diferenças significativas entre si, ao nível de 5% de probabilidade, com a densidade de semeadura 1 do milheto propiciando a maior RP e a densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão, propiciando a menor RP. Todas as coberturas propiciaram a menor RP na camada de 0-0,06 m RP, inferior a 1 MPa, sendo que na camada de 0,06-0,12 m, a densidade de semeadura 3 do milheto e a densidade 3 da *Urochloa ruziziensis*, mantiveram a RP abaixo de 1 MPa, classificada como baixa, conforme USDA (1993), por outro lado, a densidade 2 do sorgo e a densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão, já proporcionaram RP superior a 2 MPa, a partir de 0,12 m, classificada como grande, segundo USDA (1993), e considerada impeditiva para o crescimento de raízes no solo, de acordo com Tormena e Roloff (1996, p. 333-339). Fernandes et al. (2007, p. 55-64), constataram para a semeadura direta, a resistência de 2,5 MPa, a partir de 0,05 m de profundidade e chegando a 4,75 MPa, classificada como muito alta, de acordo com USDA (1993), e com sérias limitações ao crescimento das raízes, segundo Canarache (1990, p. 51-70), nos primeiros 0,20 m de profundidade, sendo esta RP semelhante à proporcionada pelas densidades de semeadura 2 e 3 do sorgo, as densidades 1 e 2 do milheto e a densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão, na camada de 0,18-0,24 m, com valores entre 4,0298 e 4,8415 MPa, sendo que, na camada de 0,24-0,30 m, as densidades 1 e 2 do milheto, mantiveram a RP superior a 4 MPa. A maior RP entre todas as coberturas, em todo o perfil avaliado (0-0,40 m), foi proporcionada pela densidade de semeadura 1 do milheto na camada de 0,24-0,30 m.

Tabela 14 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura e pousio, Votuporanga, SP, 2009 (continua)

Coberturas		Profundidades (m)			
		0-0,06	0,06-0,12	0,12-0,18	0,18-0,24
Sorgo	D1	0,6599 C	1,5751 BC	3,2136 AB	3,6474 A
Sorgo	D2	0,7728 C	2,3346 BC	3,8179 AB	4,6733 A
Sorgo	D3	0,7467 C	1,6708 BC	3,3050 AB	4,0298 A
Milheto	D1	0,5473 C	1,1386 BC	3,0446 AB	4,6370 A
Milheto	D2	0,5473 C	1,1166 BC	3,2171 A	4,4539 A
Milheto	D3	0,5473 B	0,6723 B	2,2857 AB	3,1573 A
C. sudão	D1	0,5473 B	1,6399 AB	2,4842 A	3,2129 A
C. sudão	D2	0,7512 B	1,4024 AB	2,9809 A	2,9117 A
C. sudão	D3	0,5473 C	1,0702 BC	2,7731 AB	3,2829 A
Híbrido	D1	0,7728 B	2,2074 AB	3,0715 A	2,5896 AB
Híbrido	D2	0,8165 C	1,6877 BC	3,6643 A	4,0518 A
Híbrido	D3	0,6599 C	1,9415 BC	3,0347 AB	3,8721 A
<i>U. ruziziensis</i>	D1	0,6881 B	1,4202 AB	1,9480 AB	2,7609 A
<i>U. ruziziensis</i>	D2	0,5473 B	1,2075 AB	2,1953 AB	2,8686 A
<i>U. ruziziensis</i>	D3	0,5473 B	0,7400 B	2,7079 A	3,8377 A
Pousio		0,6112 C	1,5314 BC	3,2140 AB	3,6557 A
DMS (1)					
DMS (2)					
CV %					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Plantas de cobertura; (2) Profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 14 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura e pousio, Votuporanga, SP, 2009 (conclusão)

Coberturas		Profundidades (m)		
		0,24-0,30	0,30-0,36	0,36-0,40
Sorgo	D1	3,4254 ABab	2,4224 ABC	2,3630 ABC
Sorgo	D2	3,7802 ABab	2,2610 BC	1,6361 C
Sorgo	D3	3,8209 Aab	3,3625 AB	2,7005 AB
Milheto	D1	4,8415 Aa	3,9662 A	2,9434 AB
Milheto	D2	4,0356 Aab	3,1249 A	2,9457 AB
Milheto	D3	3,3696 Aab	2,9783 A	2,9687 A
C. sudão	D1	3,5221 Aab	3,2304 A	2,8499 A
C. sudão	D2	2,7467 Aab	2,5193 AB	2,2977 AB
C. sudão	D3	3,7294 Aab	3,4370 A	3,1739 A
Híbrido	D1	2,0535 ABb	1,9490 AB	1,8863 AB
Híbrido	D2	3,6743 Aab	2,9158 AB	2,2220 ABC
Híbrido	D3	3,3178 ABab	2,7102 AB	2,1670 ABC
<i>U. ruziziensis</i>	D1	3,0046 Aab	2,5599 AB	2,6274 A
<i>U. ruziziensis</i>	D2	2,9035 Aab	2,4853 A	2,3527 AB
<i>U. ruziziensis</i>	D3	3,4368 Aab	3,1377 A	2,9687 A
Pousio		3,3777 ABab	3,0175 AB	2,3351 ABC
DMS (1)		1,9172		
DMS (2)		2,2298		
CV %		36,80		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Profundidades dentro da cobertura; (2) Coberturas dentro da profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 15 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura e pousio, Selvíria, MS, 2009 (continua)

Coberturas		Profundidades (m)			
		0-0,06	0,06-0,12	0,12-0,18	0,18-0,24
Sorgo	D1	0,5473 C	0,9031 BC	1,7063 ABb	1,8574 ABb
Sorgo	D2	0,6262 C	1,1280 BC	2,3549 Aab	2,5431 Aab
Sorgo	D3	0,6081 B	1,6369 A	2,5344 Aab	2,3265 Ab
Milheto	D1	0,8574 B	1,8042 AB	2,5872 Aab	2,3206 Ab
Milheto	D2	0,5473 B	1,2641 B	2,7782 Aab	3,0240 Aab
Milheto	D3	0,5473 C	1,1391 BC	2,2322 Aab	2,3095 Ab
C. sudão	D1	0,6787 D	1,2779 CD	2,9222 ABa	3,6248 Aa
C. sudão	D2	0,5473 C	0,8463 BC	1,7292 ABb	1,9273 Ab
C. sudão	D3	0,5473 C	0,8463 BC	1,7292 ABb	1,9273 Ab
Híbrido	D1	0,6349 C	1,2041 BC	2,2326 Aab	2,5454 Aab
Híbrido	D2	0,6191 C	1,2716 BC	1,9608 ABab	2,3399 Ab
Híbrido	D3	0,6132 C	1,3331 BC	2,3517 Aab	2,0811 ABb
<i>U. ruziziensis</i>	D1	0,5473 B	0,9702 B	1,9856 Aab	2,5202 Aab
<i>U. ruziziensis</i>	D2	0,6349 C	1,2519 BC	1,8176 ABab	2,3450 Ab
<i>U. ruziziensis</i>	D3	0,5473 B	1,1323 B	2,7896 Aab	2,5853 Aab
Pousio		0,5473 B	0,9179 B	1,9749 Aab	2,2081 Ab
DMS (1)					
DMS (2)					
CV %					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Profundidades dentro da cobertura; (2) Coberturas dentro da profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 15 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura e pousio, Selvíria, MS, 2009 (conclusão)

Coberturas		Profundidades (m)		
		0,24-0,30	0,30-0,36	0,36-0,40
Sorgo	D1	1,8669 ABb	1,7635 AB	1,9681 A
Sorgo	D2	2,3659 Aab	2,1178 AB	1,7580 AB
Sorgo	D3	2,3111 Aab	2,5955 A	1,9521 A
Milheto	D1	2,0259 Aab	2,3245 A	2,0065 A
Milheto	D2	2,5087 Aab	2,2815 A	2,3137 A
Milheto	D3	2,1186 ABab	1,8420 AB	2,0160 AB
C. sudão	D1	3,0614 ABa	2,1588 BC	1,7811 C
C. sudão	D2	2,1722 Aab	2,0929 A	1,9900 A
C. sudão	D3	2,1722 Aab	2,0929 A	1,9900 A
Híbrido	D1	2,4030 Aab	2,4472 A	2,0296 AB
Híbrido	D2	2,5285 Aab	2,2215 AB	2,1876 AB
Híbrido	D3	2,1841 ABab	2,3245 AB	1,8450 AB
<i>U. ruziziensis</i>	D1	2,3308 Aab	2,4555 A	2,0397 A
<i>U. ruziziensis</i>	D2	2,6776 Aab	2,1651 AB	1,9947 AB
<i>U. ruziziensis</i>	D3	2,6516 Aab	2,5194 A	2,1545 A
Pousio		2,2818 Aab	2,0816 A	2,0176 A
DMS (1)		1,0130		
DMS (2)		1,1782		
CV %		26,63		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Profundidades dentro da cobertura; (2) Coberturas dentro da profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em Selvíria, nas camadas de 0-0,06, 0,06-0,12, 0,30-0,36 e 0,36-0,40 m, as coberturas não propiciaram diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, no entanto, nas camadas entre 0,12 e 0,30 m, as coberturas diferiram entre si, sendo que a densidade de semeadura 1 do capim sudão propiciou a maior RP nestas camadas e a densidade 1 do sorgo, propiciou a menor RP. Como em Votuporanga, todas as coberturas propiciaram a menor RP na

camada de 0-0,06 m RP, inferior a 1 MPa, sendo que na camada de 0,06-0,12 m, a densidade de semeadura 1 do sorgo, as densidades 2 e 3 do capim sudão, a densidade 1 da *Urochloa ruziziensis* e o pousio, mantiveram a RP abaixo de 1 MPa. A densidade de semeadura 1 do sorgo propiciou RP classificada como intermediária, segundo USDA (1993) em todo o perfil avaliado (0-0,40 m) e a densidade de semeadura 1 do capim sudão, na camada de 0,18-0,24 m, proporcionou a maior RP entre todas as coberturas, em todo o perfil avaliado (0-0,40 m). Nenhuma cobertura propiciou cobertura classificada como muito alta, de acordo com USDA (1993).

Na camada de 0,12-0,30 m, em Votuporanga, a RP variou de 1,9480 a 4,8415 MPa e em Selvíria, variou de 1,7063 a 3,0614 MPa. Já Pereira et al. (2002, p. 171-174) verificaram, na profundidade de 0,10-0,30 m, ocorrência de valores médios de resistência do solo a penetração, variando de 1,98 a 2,19 MPa.

4.2 Ano agrícola 2009/10

4.2.1 Alterações químicas no solo

Os teores médios de fósforo (resina), matéria orgânica, pH (CaCl_2), potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, alumínio, enxofre e saturação por bases no solo após o cultivo da soja, em Votuporanga e Selvíria, constam das Tabelas 16, 17, 18 e 19.

As diferentes coberturas, seguidas do cultivo da soja, não propiciaram diferenças significativas entre si, ao nível de 5% de probabilidade, nos atributos químicos do solo nos dois locais, no entanto, em relação aos teores iniciais, houve alterações. Fabian (2009) pesquisou cinco coberturas do solo em Uberaba (MG), e também verificou que houve alterações nos teores de nutrientes nas camadas superficiais, que foram influenciados pelas coberturas do solo, sendo que no primeiro ano de avaliação, constatou que ocorreu efeito significativo das coberturas para os atributos: pH, MO, teores de P, K, Mg, H+Al, e saturação por bases (V) nas profundidades avaliadas, no entanto, Trabuco (2008) avaliou mucuna-preta, feijão-de-porco, milheto (cultivar BN 2), sorgo granífero (híbrido DKB 599) e vegetação espontânea, em Arealva (SP), e verificou que leguminosas e gramíneas de cobertura cultivadas no outono-inverno não causaram alterações nos atributos P, pH, MO, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, SB, CTC e V% do solo, e citou que provavelmente, a principal justificativa esteja no intervalo de apenas um ano entre as avaliações. Por outro lado, Teixeira et al. (2003,

p. 119-126) destacaram que as gramíneas forrageiras apresentam sistema radicular bastante extenso e em constante renovação que, associado ao elevado potencial de produção de matéria seca, são capazes de, em pouco tempo, alterar os níveis de matéria orgânica e nutrientes do solo. Para Alcântara et al. (2000, p. 277-288), os efeitos promovidos pelas plantas de cobertura nos atributos químicos do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como espécie utilizada, manejo dado à biomassa, época de plantio e corte das plantas, tempo de permanência dos resíduos no solo, condições locais e interação entre esses fatores.

Tabela 16 - Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-soja, Votuporanga, SP, 2009.

Coberturas		P	MO	pH	K	Ca
		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		--mmol _c dm ⁻³ --	
Sorgo	D1	17	8	4,9	2,6	19
Sorgo	D2	16	8	5,0	3,0	21
Sorgo	D3	17	8	4,9	2,9	20
Milheto	D1	16	8	5,1	3,5	20
Milheto	D2	23	8	5,0	3,3	21
Milheto	D3	19	8	4,8	3,4	20
Capim sudão	D1	21	8	5,0	2,8	21
Capim sudão	D2	20	8	5,1	2,2	21
Capim sudão	D3	22	8	4,7	2,6	21
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	28	9	4,9	3,8	18
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	23	9	4,8	2,4	21
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	18	8	5,1	2,7	23
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	21	8	5,1	3,2	22
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	16	8	4,9	3,0	20
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	20	8	5,2	3,8	21
Pousio		19	9	4,8	3,9	19
DMS		15,18	2,65	0,61	1,95	7,85
CV (%)		30,21	12,73	4,84	24,87	15,11

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 17 - Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO₄) e saturação por bases (V) no solo pós-soja, Votuporanga, SP, 2009.

Coberturas		Mg	H+Al	Al*	S-SO ₄ *	V
		----- mmol _c dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³	(%)
Sorgo	D1	6	21	0	4	56
Sorgo	D2	6	21	0	3	60
Sorgo	D3	7	21	0	3	58
Milheto	D1	7	19	0	3	61
Milheto	D2	6	20	0	3	60
Milheto	D3	6	21	0	3	59
Capim sudão	D1	7	19	0	3	61
Capim sudão	D2	7	19	0	3	61
Capim sudão	D3	9	22	0	3	68
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	6	21	0	3	56
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	7	21	0	3	60
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	7	19	0	2	62
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	7	21	0	5	61
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	6	21	0	4	58
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	7	20	0	5	61
Pousio		6	21	0	3	57
DMS		3,59	3,87	0,3994	0,99	18,33
CV (%)		21,45	7,44	20,4	20,49	11,97

* A análise estatística refere-se aos dados transformados em SQRT (x + 0,50).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 18 - Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-soja, Selvíria, MS, 2009.

Coberturas		P*	MO	pH	K	Ca*
		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		--mmol _c dm ⁻³ --	
Sorgo	D1	8	12	4,7	1,4	19
Sorgo	D2	11	11	4,8	1,3	21
Sorgo	D3	12	11	4,7	1,4	21
Milheto	D1	5	12	4,1	1,6	13
Milheto	D2	4	13	4,3	1,4	11
Milheto	D3	3	12	4,3	1,3	11
Capim sudão	D1	6	12	4,7	1,5	17
Capim sudão	D2	9	12	4,7	1,4	18
Capim sudão	D3	10	12	4,8	1,5	20
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	4	11	4,5	1,0	19
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	8	11	4,8	1,0	18
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	7	11	4,6	1,2	19
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	5	11	4,1	1,1	13
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	5	11	4,1	1,0	12
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	6	11	4,1	1,1	11
Pousio		5	12	3,9	2,0	8
DMS		2,00	2,96	2,07	0,98	2,58
CV (%)		31,39	10,04	18,21	29,15	26,47

* A análise estatística refere-se aos dados transformados em SQRT (x + 0,50).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 19 - Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), sulfato (S-SO₄) e saturação por bases (V) no solo pós-soja, Selvíria, MS, 2009.

Coberturas		Mg*	H+Al	Al*	S-SO ₄ *	V
		----- mmol _c dm ⁻³ -----	----- mmol _c dm ⁻³ -----	----- mmol _c dm ⁻³ -----	mg dm ⁻³	(%)
Sorgo	D1	13	29	4	7	47
Sorgo	D2	14	29	4	9	48
Sorgo	D3	15	27	3	6	49
Milheto	D1	9	35	4	7	40
Milheto	D2	8	35	4	6	37
Milheto	D3	9	33	4	5	39
Capim sudão	D1	12	31	3	4	46
Capim sudão	D2	13	29	4	8	48
Capim sudão	D3	14	30	3	7	50
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	13	30	2	6	51
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	13	28	2	7	51
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	13	24	2	5	60
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	9	33	4	6	40
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	8	35	4	5	37
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	7	38	5	7	33
Pousio		7	33	5	7	33
DMS		1,94	19,31	1,65	1,56	39,16
CV (%)		23,36	24,27	34,30	23,77	34,54

* A análise estatística refere-se aos dados transformados em SQRT (x + 0,50).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em Votuporanga, apenas a densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão, após o cultivo da soja, manteve o teor de fósforo original, e as demais coberturas propiciaram redução no teor original. Em Selvíria, as três densidades do sorgo, do milheto, da *Urochloa ruziziensis* e as densidades 2 e 3 do capim sudão e a densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão, após o cultivo da soja, propiciaram a manutenção do teor original, e as demais coberturas propiciaram redução em relação ao teor original.

Apesar da produtividade de MS das culturas do sorgo, capim sudão e *Urochloa ruziziensis* ter sido adequada para manutenção do sistema de semeadura direta, após o cultivo

da soja, o teor de matéria orgânica do solo apresentou redução em relação ao teor inicial, nos dois locais, para todas as coberturas.

O pH apresentou pequena redução em relação ao valor inicial, em Votuporanga, com limite mínimo de 4,7 para a densidade 3 do capim sudão. Em Selvíria, as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis*, no pousio e na densidade 1 do milheto, observaram-se redução em relação ao valor inicial.

Nos dois locais, o pousio propiciou elevação no teor de potássio, em relação ao teor inicial, no entanto, destaca-se que em todas as parcelas, inclusive no pousio, foi realizada a adubação das plantas de cobertura e da cultura da soja, e que o híbrido de sorgo com capim sudão e a *Urochloa ruziziensis* apresentaram elevadas produtividades de matéria seca e extração de potássio e foram retirados da área. Em Votuporanga, a densidade 3 da *Urochloa ruziziensis* propiciou a manutenção do teor inicial e as demais coberturas propiciaram redução no teor de potássio, em relação ao teor inicial, e em Selvíria, somente a densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão propiciou pequena redução em relação ao teor inicial, e a densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão e a densidade 2 da *Urochloa ruziziensis* propiciaram a manutenção do teor inicial, as demais coberturas propiciaram elevação no teor de potássio, em relação ao teor inicial.

Todas as coberturas propiciaram elevação no teor de cálcio, em relação ao teor inicial, no entanto, destaca-se que foi realizada calagem em Selvíria em todas as parcelas, inclusive no pousio.

Em Votuporanga, na densidade 3 do capim sudão observou-se pequena elevação no teor de magnésio, em relação ao teor inicial, as demais coberturas propiciaram redução em relação ao teor inicial. Em Selvíria, todas as coberturas propiciaram elevação no teor de magnésio, em relação ao teor inicial, no entanto, destaca-se que foi realizada calagem em todas as parcelas, inclusive no pousio.

A acidez potencial apresentou elevação, em Votuporanga, e redução, em Selvíria, em relação ao teor inicial, no entanto, destaca-se que foi realizada calagem em Selvíria em todas as parcelas, inclusive no pousio, e que se utilizou na semeadura das plantas de cobertura o fertilizante formulado 08-28-16 nas doses de 170 e 315 kg ha⁻¹, em Votuporanga e Selvíria, respectivamente, e na adubação de cobertura utilizou-se, em Votuporanga, sulfato de amônio, na dose de 185 kg ha⁻¹ e ureia, na dose de 170 kg ha⁻¹, e em Selvíria, uréia, na dose de 65 kg ha⁻¹, e cloreto de potássio, na dose de 35 kg ha⁻¹, o que pode ter contribuído para elevação da acidez potencial.

O teor de alumínio não apresentou alteração em Votuporanga, e em Selvíria, as coberturas propiciaram pequena redução no teor de alumínio em relação ao teor inicial, no entanto, destaca-se que foi realizada calagem em todas as parcelas, inclusive no pousio.

Nos dois locais houve elevação no teor de enxofre, em relação ao teor inicial. Destaca-se que foi realizada, em Votuporanga, adubação de cobertura com sulfato de amônio, na dose de 185 kg ha⁻¹, o que pode ter contribuído para elevação do teor de enxofre

A densidade 3 do capim sudão, pela elevação no teor de magnésio, propiciou elevação na saturação por bases, em relação ao teor inicial, e as demais coberturas propiciaram redução em relação ao teor inicial. Em Selvíria, todas as coberturas propiciaram elevação da saturação por bases, no entanto, destaca-se que foi realizada calagem em todas as parcelas, inclusive no pousio. Alguns estudos evidenciaram que o acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo influencia o comportamento do pH e nutrientes, refletindo em alterações nos valores da CTC e da saturação por bases do solo. Isso ocorre pela maior retenção de cátions liberados pela decomposição dos resíduos das coberturas nesta camada superficial além da matéria orgânica do solo reduzir a lixiviação de nutrientes (BAYER; MIELNICZUK, 1997, p. 105-112; RHEINHEIMER et al., 1998, p. 713-723).

4.2.2 Plantas de cobertura

4.2.2.1 Fitomassa

Os valores médios de produtividade de matéria seca das plantas de cobertura e do pousio, no corte/colheita das plantas de cobertura, na pré-semeadura e no florescimento da soja, constam da Tabela 20.

No momento do corte/colheita das plantas de cobertura em 2009, em Votuporanga, as três densidades de semeadura do capim sudão apresentaram as maiores produtividades de MS, superior a 15000 kg ha⁻¹ e diferiram, ao nível de 5% de probabilidade, das três densidades de semeadura do sorgo, do milho e das densidades 1 e 3 da *Urochloa ruziziensis*.

Em Selvíria, como no ano anterior, as três densidades de semeadura do sorgo apresentaram as menores produtividades de MS, no entanto, superior a 9900 kg ha⁻¹.

Na pré-semeadura do milho, em Votuporanga, as três densidades de semeadura do capim sudão e do híbrido de sorgo com capim sudão, apresentaram as maiores produtividades de MS, e diferiram das três densidades do milho, sendo que, como no ano anterior, a

densidade 3 do capim sudão apresentou a maior produtividade e a densidade 1 do milho a menor. Em Selvíria, as três densidades de semeadura do milho também apresentaram as menores produtividades de MS. Destaca-se que nos dois locais, o milho apresentou grande redução de área foliar, devido a alta intensidade de ferrugem causada pelo fungo *Puccinia substriata* var. *penicillariae*, prejudicando o desenvolvimento da cultura e reduzindo a produtividade de matéria seca.

Tabela 20 - Valores médios de produtividade de matéria seca (kg ha⁻¹) das coberturas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, na colheita/corte (1), na dessecação (2) e no florescimento do milho (3).

Coberturas	Votuporanga, SP			Selvíria, MS			
	1	2	3	1	2	3	
-----kg ha ⁻¹ -----							
Sorgo	D1	7471 cd	2970 cd	894 ghi	17273 abcd	5392 a	1575 def
Sorgo	D2	6937 d	2615 cde	1056 ghi	15615 abcd	6122 a	1700 def
Sorgo	D3	7398 d	2989 cd	1293 fgh	15663 abcd	5897 a	1575 def
Milheto	D1	7930 cd	356 e	214 hi	10366 cd	1186 b	700 ef
Milheto	D2	8675 cd	364 e	301 hi	11253 bcd	1081 b	325 f
Milheto	D3	8456 cd	528 de	127 i	9921 d	1676 b	675 ef
Capim sudão	D1	16428 a	5777 ab	2634 bcde	17138 abcd	4607 ab	3225 bcd
Capim sudão	D2	16884 a	4573 abc	2323 def	24402 a	5934 a	3275 bcd
Capim sudão	D3	15141 ab	6892 a	2901 bcd	22898 a	5282 a	2650 cdef
Híbrido	D1	13721 abc	3668 bc	1489 fg	21872 abc	6447 a	2650 cdef
Híbrido	D2	9902 bcd	4284 bc	1802 efg	25067 a	5277 a	2950 bcde
Híbrido	D3	10821 abcd	3688 bc	1737 efg	22421 ab	5404 a	2300 cdef
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	8446 cd	2462 cde	3410 abc	16447 abcd	6502 a	4600 abc
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	9141 bcd	2867 cde	4323 a	19084 abcd	5479 a	5925 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	8757 cd	2776 cde	3717 ab	17726 abcd	5953 a	5275 ab
Pousio	-	-	2234 cde	2343 cdef	-	3904 ab	1925 def
DMS		6251	2535	1087	11625	3585	2375
CV (%)		23,58	32,26	22,20	25,63	29,39	35,88

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

No florescimento do milho, nos dois locais, as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* apresentaram as maiores produtividades de MS, e as três densidades do sorgo e do milheto, as menores.

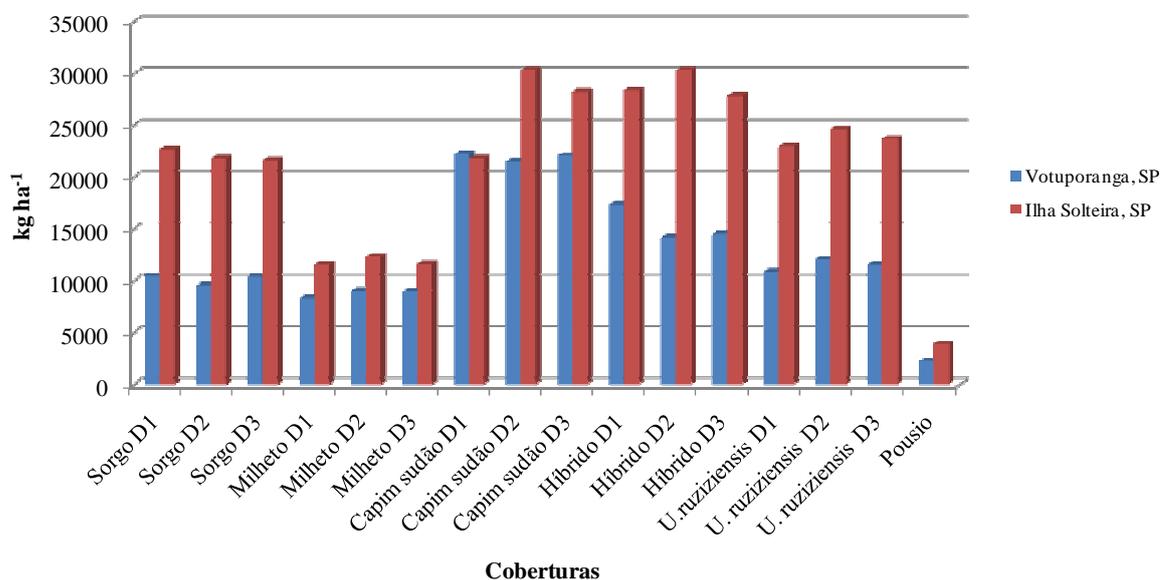
Na Figura 4 constam as produtividades acumuladas de matéria seca das diferentes coberturas, no momento do corte/colheita das plantas de cobertura e na pré-semeadura do milho. Na área sob pousio, deixou-se as plantas daninhas desenvolverem-se e na pré-semeadura do milho avaliou-se toda a massa seca presente sobre o solo.

As três densidades de semeadura do milheto apresentaram as menores produtividades acumuladas de matéria seca, entre as plantas de cobertura, nos dois locais.

Com exceção da densidade 2 do sorgo e das três densidades de semeadura do milheto, em Votuporanga, todas as plantas de cobertura propiciaram acúmulo de matéria seca superior a 10000 kg ha^{-1} , quantidade mínima de matéria seca acumulada por ano, em região de cerrado, para manutenção adequada do sistema de semeadura direta segundo Cordeiro (1999, p. 165-190) e Amado (2000, p. 105-111).

Como no primeiro ano de estudo, o pousio novamente acumulou quantidade de matéria seca inferior a 4000 kg ha^{-1} , fato este que evidenciou que a utilização de áreas de pousio para o sistema de semeadura direta, pode não trazer ao agricultor os vários benefícios advindos da utilização desta prática.

Figura 4 - Produtividade acumulada de matéria seca pelas coberturas, obtidas no momento do corte/colheita das plantas de cobertura e na pré-semeadura da cultura da soja, em Votuporanga, SP e Selvíria, MS, 2009.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.2.2.2 Absorção de nutrientes

Os teores foliares de macronutrientes das plantas de cobertura e do pousio, após o cultivo da cultura da soja, em Votuporanga e Selvíria, constam nas Tabelas 21 e 22, respectivamente.

Em média, nos dois locais, as plantas de cobertura e o pousio apresentaram a seguinte ordem de acúmulo de macronutrientes $N < K < P < Mg < Ca < S$ e $K < N < P < Ca < Mg < S$, respectivamente.

Tabela 21 - Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) das plantas de cobertura e do pousio, no florescimento, Votuporanga, SP, 2009.

Coberturas		-----g kg ⁻¹ MS ⁻¹ -----					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Sorgo	D1	23,22 abc	7,42 a	15,75 ef	4,47 bc	3,58 ab	1,90 abcd
Sorgo	D2	22,30 abc	6,24 a	14,63 f	4,25 bc	3,14 ab	1,68 d
Sorgo	D3	21,25 abc	5,83 ab	15,88 def	4,15 bc	3,00 ab	1,77 cd
Milheto	D1	18,39 cd	6,60 a	20,88 cde	4,83 bc	3,14 ab	2,56 abc
Milheto	D2	18,01 cd	5,94 ab	22,63 c	4,77 bc	3,15 ab	2,59 abc
Milheto	D3	19,25 bc	5,67 ab	21,63 cd	5,32 b	3,32 ab	2,67 a
Capim sudão	D1	19,34 bc	5,08 ab	13,38 f	4,26 bc	3,02 ab	1,56 d
Capim sudão	D2	21,67 abc	6,07 ab	12,25 f	3,95 c	2,76 ab	1,54 d
Capim sudão	D3	18,45 cd	5,77 ab	12,63 f	4,72 bc	2,78 ab	1,51 d
Híbrido	D1	21,16 abc	6,46 a	12,25 f	3,84 c	2,84 ab	1,65 d
Híbrido	D2	18,53 cd	5,19 ab	14,88 f	4,13 bc	3,01 ab	1,54 d
Híbrido	D3	13,02 d	2,68 b	13,50 f	3,51 c	2,70 b	1,20 d
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	26,30 a	4,65 ab	28,50 b	4,17 bc	3,77 ab	1,98 abcd
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	24,69 ab	4,25 ab	26,00 bc	4,07 bc	3,55 ab	1,83 bcd
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	25,15 ab	4,10 ab	26,38 bc	4,11 bc	3,15 ab	1,85 bcd
Pousio		26,07 a	5,89 ab	34,94 a	8,76 a	4,02 a	2,60 ab
DMS		6,00	3,512	5,80	1,34	1,29	0,82
CV (%)		11,12	24,97	11,83	11,45	15,86	16,81

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 22 - Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) das plantas de cobertura e do pousio, no florescimento, Selvíria, MS, 2009.

Coberturas		N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ MS ⁻¹ -----					
Sorgo	D1	22,68 abcd	6,35 a	19,00 efghi	2,99 c	4,59 abcd	1,79 bc
Sorgo	D2	22,14 abcd	6,16 abc	18,50 fghi	3,04 c	4,02 cd	1,79 bc
Sorgo	D3	20,79 abcde	6,21 ab	20,00 defghi	2,97 c	4,51 abcd	1,73 bc
Milheto	D1	19,65 abcde	4,73 abcd	23,17 bcdefg	3,04 c	3,79 d	2,70 ab
Milheto	D2	21,37 abcde	5,11 abcd	24,88 abcde	3,20 bc	4,07 bcd	2,40 abc
Milheto	D3	17,45 de	4,69 abcd	23,50 abcdef	3,29 bc	4,17 abcd	2,38 abc
C. sudão	D1	16,38 de	3,81 cd	18,25 fghi	3,28 bc	3,56 d	1,60 c
C. sudão	D2	17,56 cde	3,85 cd	15,75 hi	3,83 bc	4,94 abcd	1,62 c
C. sudão	D3	19,65 abcde	4,68 abcd	20,38 cdefgh	3,47 bc	4,70 abcd	1,68 c
Híbrido	D1	18,53 bcde	4,10 abcd	17,17 ghi	3,49 bc	4,66 abcd	1,60 c
Híbrido	D2	17,11 de	3,71 d	16,44 hi	3,24 bc	5,29 abcd	1,47 c
Híbrido	D3	15,02 e	3,87 bcd	14,00 i	3,04 c	4,14 bcd	1,42 c
<i>U. ruziziensis</i>	D1	26,01 a	4,95 abcd	26,00 abcd	4,76 ab	5,96 a	2,83 a
<i>U. ruziziensis</i>	D2	24,29 abc	6,15 abc	29,75 a	5,45 a	5,72 abc	3,17 a
<i>U. ruziziensis</i>	D3	24,59 ab	5,45 abcd	26,50 abc	5,44 a	5,86 ab	2,93 a
Pousio		24,68 ab	6,45 a	28,92 ab	4,55 abc	5,11 abcd	3,05 a
DMS		6,82	2,35	6,28	1,60	1,79	1,02
CV (%)		12,98	18,30	11,45	16,91	14,90	18,61

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As diferentes coberturas apresentaram diferenças significativas entre si, ao nível de 5% de probabilidade, nos dois locais, sendo que a absorção de Ca e Mg foi menor que a de N e K, corroborando com os resultados de Braz et al. (2004, p. 83-87), que verificaram acumulações de Ca e Mg menores que as de N e de K, em folhas de milho e dos capins *Urochloa brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Mombaça, em Santo Antônio de Goiás (GO).

Nos dois locais, nas três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* e no pousio, observaram-se os maiores teores de nitrogênio e a densidade 3 do híbrido de sorgo com capim

sudão apresentou o menor teor nos dois locais. O sorgo apresentou teores superior a 20 g kg MS⁻¹ e o milho teores superior a 17 g kg MS⁻¹, já Trabuco (2008, 54p.) avaliou mucuna-preta, feijão-de-porco, milho (cultivar BN 2), sorgo granífero (híbrido DKB 599) e vegetação espontânea cobertura, em Arealva (SP) e encontrou para as plantas de sorgo (parte aérea, sem os grãos) e milho, 11 e 16 g kg⁻¹ de N, respectivamente.

Em Votuporanga, nas densidades 1 e 2 do sorgo e na densidade 1 do milho e na densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão observaram-se os maiores teores de fósforo e diferiram da densidade 3 do híbrido de sorgo com capim sudão, e em Selvíria, o pousio e a densidade 1 do sorgo apresentaram os maiores teores e diferiram das densidades 2 e 3 do híbrido de sorgo com capim sudão e das densidades 1 e 2 do capim sudão. Os teores de fósforo variaram de 2,68 a 7,42 g kg⁻¹, superiores ao encontrado por Trabuco (2008), aproximadamente 2 g kg⁻¹.

Em Selvíria, na densidade 2 da *Urochloa ruziziensis* e no pousio verificaram-se os maiores teores de potássio e em Votuporanga, o pousio também apresentou os maiores teores, diferindo das demais coberturas, concordando com Torres e Pereira (2008, p.1609-1618), que também encontraram maior acúmulo de K no pousio, no segundo ano de estudo da dinâmica do K nos resíduos vegetais de milho, *Urochloa brizantha*, sorgo-forrageiro, guandu, *Crotalaria juncea* e aveia-preta, em Uberaba (MG). Por outro lado, Fabian (2009, 83p.) encontrou quantidades de K acumulados por *Urochloa brizantha* e milho superiores aos do pousio em um experimento com quatro coberturas (*Urochloa brizantha*, *Crotalaria juncea*, milho e pousio) e ausência de cobertura, também em Uberaba (MG).

Em Votuporanga, o pousio apresentou o maior teor de cálcio e diferiu das demais coberturas e em Selvíria, as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* diferiram das três densidades de semeadura do sorgo, do milho, do capim sudão e do híbrido de sorgo com capim sudão.

Em Votuporanga, o pousio apresentou o maior teor de magnésio e diferiu da densidade 3 do híbrido de sorgo com capim sudão, e em Selvíria, as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* apresentaram os maiores teores e diferiram da densidade 1 do milho e da densidade 1 do capim sudão.

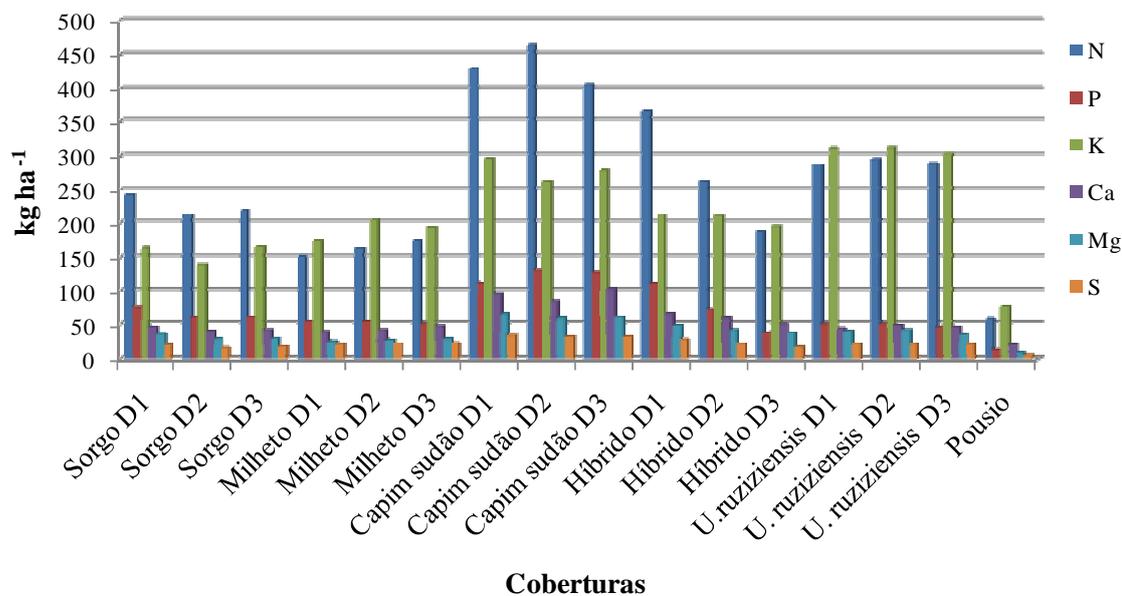
A densidade 3 do milho e o pousio apresentaram os maiores teores de enxofre, em Votuporanga, e, em Selvíria, as três densidades da *Urochloa ruziziensis* e o pousio apresentaram os maiores teores e diferiram das três densidades do milho, do capim sudão e do híbrido do sorgo com capim sudão.

O acúmulo de nutrientes pelas coberturas, obtido pela multiplicação da quantidade de matéria seca acumulada (kg ha^{-1}) pelo teor de nutriente absorvido (g kg^{-1}), em Votuporanga e Selvíria, constam das Figuras 5 e 6, respectivamente.

Em média, os nutrientes mais acumulados pelas coberturas foram de N e K, corroborando com Braz et al. (2004, p. 83-87), que também verificaram maiores acumulações de N e K, estudando a acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins *Urochloa brizantha* e mombaça, em Santo Antônio de Goiás (GO).

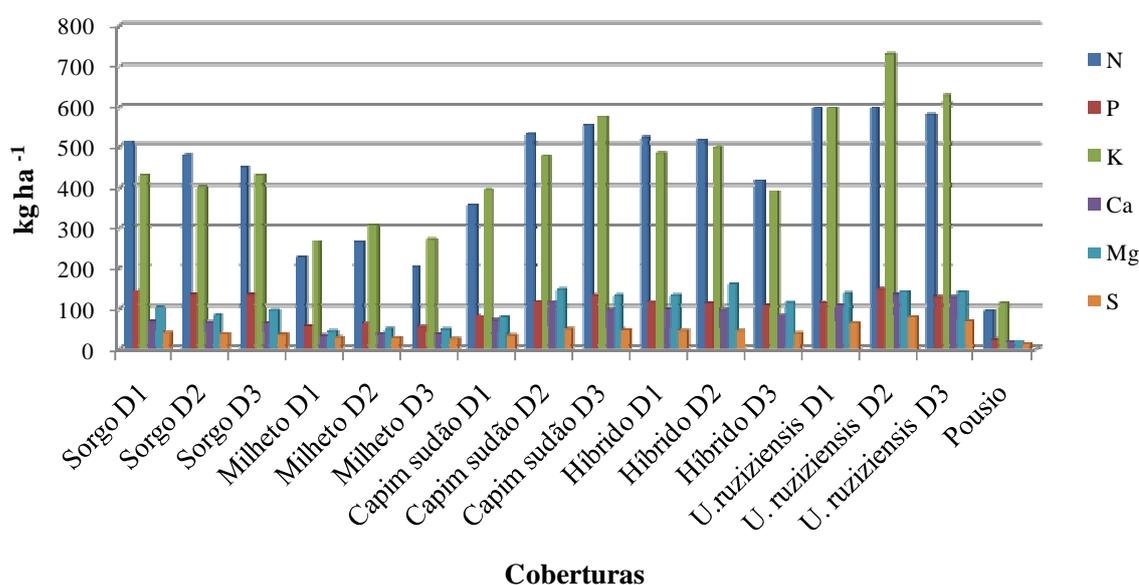
Em média, pela maior produtividade acumulada de matéria seca, as plantas de cobertura acumularam maiores teores de macronutrientes que o pousio nos dois locais, sendo que os teores de N acumulado pelas plantas de cobertura variaram entre 152 e 597 kg ha^{-1} e entre 58 e 96 kg ha^{-1} , pelo pousio. Trabuco (2008) avaliou mucuna-preta, feijão-de-porco, milho (cultivar BN 2), sorgo granífero (híbrido DKB 599) e vegetação espontânea, em Arealva (SP), e constatou que a vegetação espontânea apresentou quantidade de N (33 kg ha^{-1}) menor que as demais espécies avaliadas, as quais não diferiram entre si e variaram de 97 a 120 kg ha^{-1} .

Figura 5 - Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) acumulados pelas plantas de cobertura, Votuporanga, SP, 2009.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 6 - Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) acumulados pelas plantas de cobertura, Selvíria, MS, 2009.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

O milho acumulou 152 a 264 kg ha⁻¹ de N, 51 a 63 kg ha⁻¹ de P e 173 a 307 kg ha⁻¹ de K, 35 a 48 kg ha⁻¹ de Ca, 26 a 50 kg ha⁻¹ de Mg e 21 a 31 kg ha⁻¹ de S, já Silva et al. (2006, p. 202-217) estudaram o acúmulo de nutrientes em *Crotalaria juncea*, milho e vegetação espontânea (pousio) e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em sistema de semeadura direta, em Selvíria (MS), e constataram acúmulo de 68,50 e 64,00 kg ha⁻¹ de N, 23,58 e 14,00 kg ha⁻¹ de P, 193,83 e 170,91 kg ha⁻¹ de K, 31,70 e 23,95 kg ha⁻¹ de Ca, 21,37 e 18,00 kg ha⁻¹ de Mg, 11,10 e 5,13 kg ha⁻¹ de S, para o milho nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, respectivamente, e Fabian (2009) pesquisou cinco coberturas do solo: *Urochloa brizantha*, *Crotalaria juncea*, milho, pousio e ausência de cobertura, em Uberaba (MG), e constatou acúmulos de 66,5 a 40,2 kg ha⁻¹ de N, 2,8 a 3,2 kg ha⁻¹ de P, 117,5 a 63,4 kg ha⁻¹ de K, 12,4 a 8,9 kg ha⁻¹ de Ca, 8,3 a 4,7 kg ha⁻¹ de Mg e 7,7 a 4,3 kg ha⁻¹ de S, em 2005 e 2006, respectivamente.

O tratamento em pousio, composto principalmente por *Cenchrus echinatus* L. e *Digitaria horizontalis* Willd, nos dois locais, propiciou acúmulo de nitrogênio de 58 e 96 kg ha⁻¹ de N, 13 e 28 kg ha⁻¹ de P, 78 e 113 kg ha⁻¹ de K, 20 e 18 kg ha⁻¹ de Ca, 9 e 20 kg ha⁻¹ de N e 6 e 12 kg ha⁻¹ de S, em Votuporanga e Selvíria, respectivamente, já Silva et al. (2006, p. 202-217) verificaram 28,10 a 33,90 kg ha⁻¹ de N, 6,40 a 7,10 kg ha⁻¹ de P, 45,80 a 51,50 kg ha⁻¹ de K, 17,10 a 27,92 kg ha⁻¹ de Ca, 10,90 a 12,90 kg ha⁻¹ de Mg e 2,50 a 2,60 kg ha⁻¹ de S,

nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, respectivamente; Fabian (2009) constatou 34,1 a 50,0 kg ha⁻¹ de N, 2,1 a 5,4 kg ha⁻¹ de P, 46,0 a 83,5 kg ha⁻¹ de K, 9,4 a 18,8 kg ha⁻¹ de Ca, 4,6 a 7,8 kg ha⁻¹ de Mg e 3,0 a 5,6 kg ha⁻¹ de S, em 2005 e 2006, respectivamente, e Aita et al. (2001, p. 157-165) avaliaram plantas de cobertura como fonte de nitrogênio ao milho, e observaram para áreas de pousio, valores de N acumulado da ordem de 20,5 kg ha⁻¹ em 1190 kg ha⁻¹ de palha.

4.2.2.3 Efeito supressivo sobre plantas daninhas

A massa e densidade de plantas daninhas m⁻², no momento do corte/colheita das plantas de cobertura, em Votuporanga e Selvíria, no segundo ano de estudo constam da Tabela 23.

Tabela 23 - Massa e densidade de plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento do corte/colheita das plantas de cobertura, 2009.

Coberturas		Votuporanga, SP		Selvíria, MS	
		Massa (g)	Densidade Plantas m ⁻²	Massa (g)	Plantas m ⁻²
Sorgo	D1	136,00 ab	38,75 def	36,83 a	9,00 bcde
Sorgo	D2	92,50 abc	57,25 cde	32,13 a	15,25 abcd
Sorgo	D3	80,00 abc	119,50 a	25,67 abc	4,75 de
Milheto	D1	85,25 abc	107,25 ab	30,36 ab	18,75 abc
Milheto	D2	154,75 a	90,50 abc	22,50 abc	28,00 a
Milheto	D3	66,00 abc	35,25 def	17,14 bcd	20,75 ab
Capim sudão	D1	8,00 c	72,50 bcd	3,56 de	6,00 cde
Capim sudão	D2	23,00 bc	50,00 cdef	2,05 e	4,00 de
Capim sudão	D3	27,75 bc	31,50 def	3,79 de	5,00 de
Híbrido de sorgo com c. sudão	D1	32,50 bc	49,25 cdef	1,96 e	3,75 de
Híbrido de sorgo com c. sudão	D2	24,00 bc	63,00 cd	3,64 de	6,25 cde
Híbrido de sorgo com c. sudão	D3	17,75 bc	53,25 cde	4,11 de	6,00 cde
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	9,25 c	31,00 def	0,13 e	1,75 e
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	14,00 c	15,50 ef	0,51 e	0,75 e
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	17,00 c	8,50 f	2,17 e	1,75 e
Pousio		135,75 ab	44,50 def	11,42 cde	15,25 abcd
DMS		121,1253	42,5788	14,45	13,49
CV (%)		81,87	30,64	45,56	57,30

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Novamente as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* apresentaram as menores quantidades de plantas daninhas m⁻², e diferiram, em Votuporanga, da densidade 3 do sorgo e das densidades de semeadura 1 e 2 do milho, e das três densidades de semeadura do milho, do pousio e da densidade 2 do sorgo, em Selvíria, e as densidades 1 e 2 da *Urochloa ruziziensis* e a densidade de semeadura 3 do capim sudão, diferiram da densidade de semeadura 2 do milho, da densidade de semeadura 1 do sorgo e do pousio, em massa de plantas daninhas m⁻², em Votuporanga, e novamente em Selvíria, as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* apresentaram os menores valores de massa de plantas daninhas m⁻², juntamente com a densidade 2 do capim sudão e a densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão, diferindo das três densidades de semeadura do sorgo e do milho.

Pelo bom desempenho da *Urochloa ruziziensis* nos dois anos de estudo, esta cobertura pode ser utilizada no manejo integrado de plantas daninhas na região em estudo.

4.2.2.4 Cobertura do solo

Os valores médios de cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, antes da primeira dessecação, em novembro de 2009, e no florescimento do milho constam das Tabelas 24 e 25, respectivamente.

Antes da primeira dessecação, em Selvíria, novamente as três densidades de semeadura do milheto proporcionaram as menores coberturas do solo, favorecendo a cobertura do solo pelas plantas daninhas, superior a 91%, e, em Votuporanga, as três densidades de semeadura do milheto também propiciaram as menores coberturas do solo, favorecendo a cobertura do solo pelas plantas daninhas, superior a 98%. Nos dois locais, novamente a menor cobertura do solo pelas plantas daninhas foi proporcionada pela *Urochloa ruziziensis* e pelo capim sudão, com cobertura do solo inferior a 7%. Em Selvíria, as três densidades de semeadura do sorgo, do capim sudão e o híbrido de sorgo com capim sudão, também propiciaram as menores coberturas do solo pelas plantas daninhas, inferior a 12%. Destaca-se que, nos dois locais, o milheto apresentou grande redução de área foliar, devido a alta intensidade de ferrugem causada pelo fungo *Puccinia substriata* var. *Penicillariae*, prejudicando o desenvolvimento da cultura e reduzindo a produtividade de matéria seca, o que pode ter favorecido a baixa cobertura do solo após seu manejo.

No florescimento do milho, nos dois locais, as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* e do capim sudão mantiveram boa cobertura do solo, superior a 68%, como no primeiro ano de estudo, que mantiveram cobertura do solo superior a 79%, no florescimento da soja. O pousio também apresentou cobertura do solo semelhante as três densidades de semeadura da *Urochloa ruziziensis* e do capim sudão, superior a 68%, como no ano anterior, no florescimento da soja, em Votuporanga.

Tabela 24 - Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no momento da dessecação, novembro de 2009.

Coberturas		Votuporanga, SP		Selvíria, MS	
		Plantas de cobertura	Plantas daninhas	Plantas de cobertura	Plantas daninhas
		----- % -----			
Sorgo	D1	54 cd	46 cd	90 a	9 b
Sorgo	D2	55 cd	45 cd	88 a	12 b
Sorgo	D3	39 d	61 bc	89 a	11 b
Milheto	D1	2 e	98 a	7 b	92 a
Milheto	D2	0 e	100 a	6 b	94 a
Milheto	D3	2 e	98 ab	2 b	98 a
C. sudão	D1	94 ab	6 e	97 a	3 b
C. sudão	D2	95 ab	5 e	99 a	1 b
C. sudão	D3	99 a	1 e	99 a	1 b
Híbrido	D1	62 bcd	34 cde	96 a	2 b
Híbrido	D2	69 abcd	31 cde	94 a	3 b
Híbrido	D3	77 abc	17 de	96 a	1 b
<i>U. ruziziensis</i>	D1	100 a	0 e	100 a	0 b
<i>U. ruziziensis</i>	D2	100 a	0 e	100 a	0 b
<i>U. ruziziensis</i>	D3	100 a	0 e	100 a	0 b
Pousio		100 a	-	100 a	-
DMS		36,44	37,38	13,43	12,98
CV %		21,71	40,62	6,65	23,41

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 25 - Cobertura do solo pelas plantas de cobertura e pelas plantas daninhas, nos municípios de Votuporanga, SP e Selvíria, MS, no florescimento da soja, fevereiro de 2010.

Coberturas		Votuporanga, SP			Selvíria, MS		
		Plantas de cobertura	Plantas daninhas		Plantas de cobertura	Plantas daninhas	
		----- % -----					
Sorgo	D1	17,75 bc	77,75 abc	18,75 e	19,00 b		
Sorgo	D2	29,75 bc	64,25 c	16,25 e	8,50 b		
Sorgo	D3	23,00 bc	71,25 abc	29,25 cde	4,75 b		
Milheto	D1	2,25 c	94,75 a	7,25 e	78,00 a		
Milheto	D2	4,75 c	92,75 ab	5,50 e	90,75 a		
Milheto	D3	1,75 c	97,50 a	5,00 e	90,75 a		
C. sudão	D1	89,25 a	9,75 d	68,75 abcd	7,50 b		
C. sudão	D2	75,75 a	14,50 d	84,25 ab	0,01 b		
C. sudão	D3	95,25 a	3,75 d	71,75 abc	4,00 b		
Híbrido	D1	30,00 bc	66,75 bc	45,50 bcde	3,25 b		
Híbrido	D2	39,00 b	54,50 c	35,75 cde	7,25 b		
Híbrido	D3	36,00 b	74,00 abc	24,50 de	3,75 b		
<i>U. ruziziensis</i>	D1	96,25 a	3,00 d	98,25 a	1,25 b		
<i>U. ruziziensis</i>	D2	95,25 a	4,25 d	100,00 a	0,01 b		
<i>U. ruziziensis</i>	D3	91,00 a	8,25 d	98,75 a	0,01 b		
Pousio		99,00 a	-	96,50 a	-		
DMS		28,59	27,87	46,13	22,54		
CV %		21,61	22,27	35,73	41,64		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.2.3 Cultura do milho

O estande final de plantas, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, número de espigas, , massa de cem grãos e produtividade de grãos da cultura do milho, em Votuporanga e Selvíria, constam das Tabelas 26, 27, 28 e 29.

Tabela 26 - Estande final de plantas por ha, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas, sobre diferentes plantas de cobertura, da cultura do milho, Votuporanga, SP, 2010.

Coberturas		Estande final ha ⁻¹	Altura de inserção (m)	Altura de plantas (m)
Sorgo	D1	52500	1,00 abc	1,82 abc
Sorgo	D2	52083	0,98 abc	1,80 abc
Sorgo	D3	53333	1,05 abc	1,90 abc
Milheto	D1	52917	1,11 a	2,07 a
Milheto	D2	51667	1,08 ab	2,00 ab
Milheto	D3	47500	1,04 abc	1,99 abc
Capim sudão	D1	52084	0,99 abc	1,80 abc
Capim sudão	D2	54583	1,00 abc	1,78 abc
Capim sudão	D3	52084	0,97 abc	1,74 abc
Híbrido	D1	50833	0,99 abc	1,84 abc
Híbrido	D2	52084	0,92 c	1,63 c
Híbrido	D3	55417	1,06 abc	1,91 abc
<i>U. ruziziensis</i>	D1	51250	0,99 abc	1,78 abc
<i>U. ruziziensis</i>	D2	52917	0,92 bc	1,75 abc
<i>U. ruziziensis</i>	D3	50000	0,94 bc	1,71 bc
Pousio		51042	1,05 abc	2,03 ab
DMS		8997	0,17	0,36
CV (%)		6,75	6,50	7,69

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 27 - Número de espigas por ha, massa de cem grãos e produtividade de grãos da cultura do milho, sobre diferentes plantas de cobertura, Votuporanga, SP, 2010.

Coberturas		Número de espigas ha ⁻¹	Massa de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Sorgo	D1	43750	25,13	4806 ab
Sorgo	D2	43333	25,53	4861 ab
Sorgo	D3	52083	25,29	5532 ab
Milheto	D1	50000	28,76	7758 a
Milheto	D2	45000	27,56	7131 ab
Milheto	D3	43750	28,21	6307 ab
Capim sudão	D1	41667	26,34	4839 ab
Capim sudão	D2	45417	25,72	4016 ab
Capim sudão	D3	41250	24,95	3392 b
Híbrido	D1	45417	25,72	5148 ab
Híbrido	D2	45417	24,91	4086 ab
Híbrido	D3	49583	27,14	5997 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D1	43333	26,96	5490 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D2	45000	25,5	4745 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D3	41667	25,13	4629 ab
Pousio		49375	28,06	7743 a
DMS		16020	4,05	4344
CV (%)		13,77	6,00	31,36

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 28 - Estande final de plantas por ha, altura de inserção da primeira espiga e altura de plantas, sobre diferentes plantas de cobertura, da cultura do milho, Selvíria, MS, 2010.

Coberturas		Estande final ha ⁻¹	Altura de inserção (m)	Altura de plantas (m)
Sorgo	D1	64167	1,10	2,13
Sorgo	D2	70000	1,06	2,04
Sorgo	D3	66250	1,05	2,09
Milheto	D1	66250	1,04	2,13
Milheto	D2	65417	1,07	2,11
Milheto	D3	71250	1,08	2,09
Capim sudão	D1	71250	1,06	2,12
Capim sudão	D2	67917	1,03	2,02
Capim sudão	D3	70834	0,95	2,08
Híbrido	D1	67083	1,02	2,02
Híbrido	D2	70000	1,08	2,04
Híbrido	D3	67500	1,00	2,04
<i>U. ruziziensis</i>	D1	65000	1,10	2,16
<i>U. ruziziensis</i>	D2	62083	1,08	2,12
<i>U. ruziziensis</i>	D3	64167	1,07	2,13
Pousio		70000	1,05	2,11
DMS		10582	0,20	0,21
CV (%)		6,12	7,28	3,98

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 29 - Número de espigas por ha, massa de cem grãos e produtividade de grãos da cultura do milho, sobre diferentes plantas de cobertura, Selvíria, MS, 2010.

Coberturas		Número de espigas ha ⁻¹	Massa de cem grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Sorgo	D1	62500 ab	24,42	6704
Sorgo	D2	65417 ab	24,06	6668
Sorgo	D3	63334 ab	25,44	5745
Milheto	D1	66250 ab	25,39	6965
Milheto	D2	66667 ab	23,94	6099
Milheto	D3	67500 ab	23,90	5364
Capim sudão	D1	71250 a	24,41	6894
Capim sudão	D2	66667 ab	24,56	6676
Capim sudão	D3	69167 ab	24,67	6973
Híbrido	D1	65000 ab	23,98	5678
Híbrido	D2	65834 ab	22,95	5063
Híbrido	D3	67500 ab	24,44	6048
<i>U. ruziziensis</i>	D1	63333 ab	24,47	6340
<i>U. ruziziensis</i>	D2	61667 b	24,13	6519
<i>U. ruziziensis</i>	D3	63333 ab	24,98	6173
Pousio		68334 ab	24,82	6546
DMS		9583	4,00	2571
CV (%)		5,68	6,39	15,98

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As diferentes coberturas não propiciaram diferenças significativas, para as características estande final e massa de cem grãos, nos dois locais. Em Votuporanga, as coberturas também não apresentaram diferenças em relação ao número de espigas, e em Selvíria, as coberturas também não diferiram em relação a altura de inserção da primeira espiga e de plantas, massa de espiga e produtividade de grãos. Trabuco (2008) avaliou plantas de cobertura no município de Arealva (SP), e também constatou que não houve diferença na produtividade do milho cultivado após mucuna-preta, feijão-de-porco, milheto, sorgo granífero ou vegetação espontânea, sendo que a produtividade média de grãos foi de 8780 kg ha⁻¹, superior a maior média, observada na área sobre a densidade 1 do milheto, em

Votuporanga. Fabian (2009) estudou coberturas do solo em Uberaba (MG), e constatou que a produção de matéria seca, acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura e liberação dos nutrientes de seus resíduos, promoveram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, contudo, não foram suficientes para causarem diferenças estatísticas entre os tratamentos na produtividade de soja e milho, que talvez possa ser justificada pela adubação utilizada, que foi planejada para uma produtividade de 7000 kg ha⁻¹ de grãos para milho e 2500 a 4000 kg ha⁻¹ de grãos para soja. Guimarães (2000), avaliando o efeito de rotações de culturas no verão (milho e soja), com uso da área no inverno (feijão, milheto, mucuna, *Urochloa* e pousio), observou que a produtividade de soja não diferiu significativamente entre os tratamentos, entretanto houve um aumento na produtividade do milho na rotação milho-mucuna-milho.

Em Votuporanga, a densidade de semeadura 1 do milheto propiciou maior altura de inserção da primeira espiga e de plantas e diferiu da densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão, e o pousio propiciou maior massa de espiga ha⁻¹ e diferiu da densidade 3 do capim sudão.

Em Selvíria, a densidade de semeadura 1 propiciou maior número de espigas e diferiu da densidade 2 da *Urochloa ruziziensis*.

A densidade de semeadura 1 do milheto e o pousio propiciaram maior produtividade de grãos de milho, em Votuporanga, e diferiram da densidade 3 do capim sudão. Esta menor produtividade do milho sobre a palhada da densidade 3 do capim sudão, em relação a do milheto e a do pousio, pode estar relacionada a maior quantidade de matéria seca deste, presente no momento da semeadura do milho, conforme Tabela 21, o que pode ter diminuído os teores de nitrogênio do solo, devido a sua utilização por microorganismos na decomposição da palha. Segundo Ros e Aita (1996, p. 135-140), para utilizar o C na biossíntese e também como fonte de energia, os microorganismos do solo imobilizam o N da palha, inclusive parte do N mineral do solo, diminuindo a sua disponibilidade para o milho. Por outro lado, Camargo e Piza (2007, p. 76-80) analisaram a produtividade de biomassa de aveia branca, aveia preta, nabo forrageiro e *Urochloa decumbens*, além de uma testemunha, correspondente a área em pousio, e os efeitos na cultura do milho sob sistema semeadura direta (SSD), no município de Passos (MG), e verificaram que em SSD com uso das plantas de cobertura avaliadas, não houve diferença significativa em relação à produtividade de grãos da cultura do milho em comparação com a testemunha.

O milho proporcionou produtividades de grãos de milho entre 6307 e 7758 kg ha⁻¹, em Votuporanga, e entre 5364 e 6965 kg ha⁻¹, em Selvíria. Carvalho (2000) pesquisou os possíveis efeitos da adubação e sucessão de culturas em dois sistemas de cultivo em solos de cerrado, e observou que na safra 1997/98, o milho cultivado em semeadura direta após o milho apresentou uma produtividade de grãos de 7200 kg ha⁻¹, porém, na safra 1998/99 foi verificada uma redução para 4400 kg ha⁻¹. Nas mesmas condições Pasqualetto (1999) obteve na safra 1997/98, uma produtividade de 6700 kg ha⁻¹.

O pousio propiciou produtividade de 7743 kg ha⁻¹, inferior apenas a produtividade da densidade de semeadura 1 do milho, já Torres (2003) avaliou seis plantas de cobertura: milho, *Urochloa brizantha*, sorgo forrageiro, guandu, *Crotalaria juncea* e aveia preta, além de uma área em pousio e da testemunha (plantio convencional), e obteve as menores produtividades do milho nas áreas de pousio, testemunha e sorgo, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos, no entanto, apesar da redução da produtividade, os valores obtidos ficaram próximos da produtividade de 5400 kg ha⁻¹, média da região de Uberaba (MG), sendo que a *Urochloa brizantha*, a aveia preta e o milho, mostraram-se também efetivas na produtividade do milho, não diferindo significativamente da produtividade alcançada na área das leguminosas.

4.2.4 Alterações químicas no solo

Os teores médios de fósforo (resina), matéria orgânica, pH (CaCl₂), potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, alumínio, enxofre e saturação por bases no solo após o cultivo do milho, em Votuporanga e Selvíria, constam das Tabelas 30, 31, 32 e 33.

Como no primeiro ano de estudo, em Votuporanga, não houve diferenças significativas, a 5% de probabilidade, entre as coberturas, para os atributos: P, MO, pH, Ca, Mg, H+Al, Al, S e V. Somente o K apresentou diferentes teores sobre as diferentes coberturas, com o pousio propiciando o maior teor e a densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão propiciando o menor teor.

Destaca-se que em todas as parcelas, inclusive no pousio, foi realizada a adubação das plantas de cobertura e da cultura do milho, e que o híbrido de sorgo com capim sudão e a *Urochloa ruziziensis* apresentaram elevadas produtividades de matéria seca e extração de potássio e foram retirados da área.

Tabela 30 - Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-milho, Votuporanga, SP, 2010.

Coberturas		P	MO	pH	K	Ca
		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----mmol _c dm ⁻³ -----	
Sorgo	D1	29	17	5,2	2,2 ab	15
Sorgo	D2	27	17	4,8	2,0 ab	14
Sorgo	D3	30	17	5,3	2,2 ab	14
Milheto	D1	34	17	5,3	2,4 ab	16
Milheto	D2	28	17	5,1	1,8 ab	16
Milheto	D3	34	17	5,3	2,4 ab	14
Capim sudão	D1	28	17	5,3	2,2 ab	18
Capim sudão	D2	35	17	5,1	2,1 ab	16
Capim sudão	D3	29	17	5,3	2,0 ab	17
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	24	17	5,1	1,8 ab	14
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	28	17	5,1	1,5 b	16
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	20	16	5,1	2,0 ab	13
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	30	18	5,2	2,2 ab	16
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	25	17	5,2	2,3 ab	16
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	34	18	5,2	2,5 ab	17
Pousio		26	17	5,2	2,7 a	14
DMS		16,55	1,63	0,58	1,07	6,38
CV (%)		22,46	3,71	4,40	19,62	16,33

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 31 - Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO₄) e saturação por bases (V) no solo pós-milho, Votuporanga, SP, 2010.

Coberturas		Mg	H+Al	Al*	S-SO ₄ *	V
		-----mmol _c dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³	(%)
Sorgo	D1	6	16	0	5	59
Sorgo	D2	6	18	2	6	54
Sorgo	D3	6	17	1	5	57
Milheto	D1	7	16	0	2	61
Milheto	D2	7	17	1	5	59
Milheto	D3	5	16	0	3	56
Capim sudão	D1	8	15	0	4	65
Capim sudão	D2	6	17	1	3	60
Capim sudão	D3	7	15	0	3	64
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	6	15	0	5	58
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	6	17	1	4	58
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	5	16	1	9	56
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	6	16	0	2	60
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	7	16	0	2	61
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	7	17	0	2	61
Pousio		6	16	0	4	59
DMS		3,06	4,21	0,73	1,77	14,04
CV (%)		19,01	10,20	32,74	34,54	9,25

* A análise estatística refere-se aos dados transformados em SQRT (x + 0,50).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 32 - Teores médios de fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) no solo pós-milho, Selvíria, MS, 2010.

Coberturas		P	MO	pH	K	Ca*
		mg dm ⁻³	g dm ⁻³		--mmol _c dm ⁻³ --	
Sorgo	D1	25	23 a	5,3	1,3	35 ab
Sorgo	D2	27	22 ab	5,2	0,9	52 a
Sorgo	D3	34	23 ab	5,2	1,0	42 ab
Milheto	D1	32	23 a	4,2	1,3	7 ab
Milheto	D2	23	23 ab	4,2	1,0	6 ab
Milheto	D3	22	22 ab	4,4	1,0	9 ab
Capim sudão	D1	31	23 ab	5,2	1,2	28 ab
Capim sudão	D2	34	23 a	5,1	0,8	28 ab
Capim sudão	D3	26	20 b	5,5	1,3	29 ab
Híbrido de sorgo com capim sudão	D1	30	21 ab	5,0	0,9	17 ab
Híbrido de sorgo com capim sudão	D2	46	22 ab	4,9	0,7	15 ab
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	27	23 a	4,9	0,8	15 ab
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	23	22 ab	4,5	1,4	10 ab
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	21	22 ab	4,3	0,8	8 ab
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	26	23 ab	4,3	1,0	7 ab
Pousio		27	21 ab	4,1	1,3	4 b
DMS		29,76	2,81	1,51	0,70	3,85
CV (%)		40,96	4,93	12,35	26,20	38,44

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * A análise estatística refere-se aos dados transformados em SQRT (x + 0,50).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 33 - Teores médios de magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), enxofre (S-SO₄) e saturação por bases (V) no solo pós-milho, Selvíria, MS, 2010.

Coberturas		Mg [*]	H+Al	Al	V
		-----mmol _c dm ⁻³ -----			(%)
Sorgo	D1	31	29 bc	3 b	54 ab
Sorgo	D2	34	32 abc	5 ab	50 ab
Sorgo	D3	33	32 abc	5 ab	50 ab
Milheto	D1	7	49 ab	8 ab	24 ab
Milheto	D2	6	44 abc	8 ab	23 ab
Milheto	D3	8	41 abc	6 ab	30 ab
Capim sudão	D1	25	33 abc	5 ab	49 ab
Capim sudão	D2	26	33 abc	6 ab	48 ab
Capim sudão	D3	29	25 c	2 b	59 a
Híbrido	D1	14	34 abc	5 ab	47 ab
Híbrido	D2	11	37 abc	6 ab	42 ab
Híbrido de sorgo com capim sudão	D3	11	35 abc	5 ab	43 ab
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	9	41 abc	6 ab	34 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D2	7	44 abc	8 ab	27 ab
<i>U. ruziziensis</i>	D3	7	47 ab	9 ab	25 ab
Pousio		5	50 a	11 a	17 b
DMS		3,18	20,73	7,67	39,78
CV (%)		33,65	21,35	49,20	39,87

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * A análise estatística refere-se aos dados transformados em SQRT (x + 0,50).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em Selvíria, também como no ano anterior, não houve diferenças significativas, a 5% de probabilidade, entre as coberturas, para os atributos: P, pH, K e Mg. Apesar da elevada produtividade de MS da densidade 3 do capim sudão, acima de 15000 kg ha⁻¹, nos dois anos de estudo, esta cobertura apresentou o menor teor de MO, com elevação de 1 g dm⁻³, em relação ao teor inicial, e diferiu da densidade de semeadura 1 do sorgo, da densidade 1 do milho, da densidade 2 do capim sudão e da densidade 3 do híbrido de sorgo com capim sudão, que propiciaram elevação de 4 g dm⁻³, em relação ao teor inicial. O pousio, como no ano anterior, propiciou: menor teor de Ca após os dois anos de estudo, em relação ao teor

inicial, e diferiu da densidade 2 do sorgo, no entanto todas as coberturas propiciaram elevação no teor, em relação ao teor inicial; maior teor de alumínio, diferindo da densidade de semeadura 1 do sorgo e da densidade 3 do capim sudão; menor saturação por bases, diferindo da densidade 3 do capim sudão. Fabian (2009) pesquisou cinco coberturas do solo em Uberaba (MG) e também observou, para Ca e V, que os menores valores resultaram do tratamento em ausência de cobertura sobre milho. O pousio também propiciou maior acidez potencial, como no ano anterior, diferindo das áreas sob a densidade de semeadura 1 do sorgo e densidade 3 do capim sudão. Destaca-se que foi realizada calagem em Selvíria em todas as parcelas, inclusive no pousio, antes da instalação do experimento.

Nas três densidades de semeadura do sorgo, do capim sudão e do híbrido de sorgo com capim sudão, na densidade 3 do milheto e na densidade 1 da *Urochloa ruziziensis*, observaram-se redução no teor de alumínio em relação ao teor inicial.

Constata-se que em área com elevado teor de alumínio no solo, as plantas de cobertura utilizadas, em associação a calagem, contribuíram para redução do teor de alumínio e elevação da saturação por bases, com destaque para o sorgo, o capim sudão e o híbrido de sorgo com capim sudão, nas três densidades de semeadura utilizadas.

Em Selvíria, somente a densidade de semeadura 1 do milheto propiciou valor de pH semelhante ao valor inicial e o pousio propiciou pequena redução. Por outro lado, as demais coberturas propiciaram elevação no pH, já Silveira, Cunha e Stone (2010, p. 283-290) pesquisaram os atributos químicos do solo cultivado com milheto, *Urochloa brizantha*, mombaça, sorgo granífero, estilosantes e *Crotalaria juncea* em Santo Antônio de Goiás (GO), e verificaram que as plantas de cobertura diminuíram o pH do solo ao longo dos anos.

4.2.5 Alterações físicas no solo

Os valores médios de resistência do solo à penetração (RP), em diferentes profundidades, sob o cultivo das plantas de cobertura e do pousio, em Votuporanga e Selvíria, no momento do florescimento pleno do milho, constam das Tabelas 34 e 35, respectivamente.

Em Votuporanga não houve diferenças significativas entre as coberturas dentro da mesma profundidade. Como no ano anterior, todas as coberturas propiciaram a menor RP na camada de 0-0,06 m RP, no entanto, somente as densidades de semeadura 2 e 3 do milheto, as densidades 2 e 3 da *Urochloa ruziziensis*, a densidade 2 do sorgo e o pousio propiciaram RP

inferior a 1 MPa, sendo que as demais coberturas já propiciaram RP superior a 1 MPa, classificada como moderada, segundo USDA (1993). Na camada de 0,06-0,12 m, apenas as densidades de semeadura 2 e 3 da *Urochloa ruziziensis*, a densidade 3 do sorgo, a densidade 3 do capim sudão e o pousio propiciaram RP inferior a 2MPa, classificada como grande, segundo USDA (1993). Na camada de 0,12-0,36 m, todas as coberturas propiciaram RP superior a 2 MPa, e na camada de 0,36-0,40 m, somente a densidade de semeadura 3 do híbrido de sorgo com capim sudão, propiciou RP inferior a 2 MPa. A densidade de semeadura 1 do híbrido de sorgo com capim sudão proporcionou a maior RP entre todas as coberturas, em todo o perfil avaliado (0-0,40 m), no entanto, nenhuma cobertura propiciou cobertura classificada como muito alta, de acordo com USDA (1993).

Tabela 34 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura, e pousio, Votuporanga, SP, 2010 (continua)

Coberturas		Profundidades (m)			
		0-0,06	0,06-0,12	0,12-0,18	0,18-0,24
Sorgo	D1	1,1105 B	2,3618 AB	2,9401 A	3,5297 A
Sorgo	D2	0,9826 B	2,2880 AB	3,4019 A	3,2121 A
Sorgo	D3	1,0023 B	1,9445 AB	3,0009 A	3,3473 A
Milheto	D1	1,1290 B	2,2857 AB	3,5145 A	3,8344 A
Milheto	D2	0,9883 B	2,3038 AB	3,7060 A	3,2318 A
Milheto	D3	0,9984 B	2,0943 AB	2,9998 A	3,4520 A
C. sudão	D1	1,1426 B	2,4474 AB	3,6446 A	2,8523 A
C. sudão	D2	1,0586 B	2,1590 AB	3,0629 A	3,2887 A
C. sudão	D3	1,0102 D	1,9760 CD	3,6964 AB	3,9020 A
Híbrido	D1	1,1763 B	2,4772 AB	3,5832 A	3,9634 A
Híbrido	D2	1,2118 B	2,3218 AB	3,7195 A	3,7792 A
Híbrido	D3	1,2619 B	2,3505 AB	3,4633 A	3,2910 A
<i>U. ruziziensis</i>	D1	1,0035 B	2,1185 AB	3,0685 A	3,2735 A
<i>U. ruziziensis</i>	D2	0,8762 B	1,8865 AB	2,9435 A	2,5780 A
<i>U. ruziziensis</i>	D3	0,8874 C	1,4213 BC	2,1354 ABC	2,9024 AB
Pousio		0,9085 B	1,8060 AB	3,1488 A	3,1801 A
DMS (1)					
DMS (2)					
CV %					

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Plantas de cobertura; (2) Profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 34 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura, e pousio, Votuporanga, SP, 2010 (conclusão)

Cobertura		Profundidades (m)		
		0,24-0,30	0,30-0,36	0,36-0,40
Sorgo	D1	3,5917 A	2,9700 A	2,1827 AB
Sorgo	D2	3,4678 A	3,3461 A	2,4260 AB
Sorgo	D3	2,9536 A	3,2020 A	2,6946 A
Milheto	D1	3,6728 A	2,8579 A	2,4234 AB
Milheto	D2	3,1597 A	3,0634 A	2,4099 AB
Milheto	D3	3,0922 A	2,8754 A	2,9911 A
Capim sudão	D1	3,1507 A	2,7515 A	2,3423 AB
Capim sudão	D2	3,3523 A	3,3011 A	2,3373 AB
Capim sudão	D3	3,7032 AB	3,1237 ABC	2,2807 BCD
Híbrido	D1	3,6407 A	2,9367 A	2,7444 AB
Híbrido	D2	3,7511 A	3,6801 A	3,2825 A
Híbrido	D3	3,0674 A	2,4057 AB	1,9943 AB
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	3,0646 A	3,1766 A	3,1465 A
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	2,6478 A	2,4299 AB	2,3263 AB
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	3,1034 A	2,8190 AB	3,6466 A
Pousio		3,0667 A	3,2006 A	2,6591 A
DMS (1)		1,5710		
DMS (2)		1,8372		
CV %		28,21		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Profundidades dentro da cobertura; (2) Coberturas dentro da profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 35 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura, e pousio, Selvíria, MS, 2010 (continua)

Coberturas	Profundidades (m)								
	0-0,06		0,06-0,12		0,12-0,18		0,18-0,24		
Sorgo	D1	1,0474	D	1,9923	BCabcd	2,7019	Aabc	2,5949	ABcd
Sorgo	D2	0,8041	E	1,6376	Dcdef	2,4462	BCabcde	2,6805	ABbcd
Sorgo	D3	1,2479	C	2,6738	ABa	2,2987	Abcde	2,5724	ABcd
Milheto	D1	0,7523	C	1,9811	ABabcd	2,5206	Aabcde	2,3359	ABd
Milheto	D2	0,8548	E	1,7727	Dcdef	2,5610	BCabcd	3,4092	Aab
Milheto	D3	0,9134	C	1,9450	ABabcde	2,0622	ABcde	2,4293	Ad
Capim sudão	D1	0,5473	C	1,1480	Cf	3,0578	Aab	3,3394	Aabc
Capim sudão	D2	0,9224	D	1,7491	Cbcdef	2,6692	Babc	3,7201	Aa
Capim sudão	D3	0,9224	C	1,5024	BCcdef	2,4215	Aabcde	2,1466	ABd
Híbrido	D1	1,1105	B	1,8639	Abcdef	2,3775	Aabcde	2,1084	Ad
Híbrido	D2	0,9224	C	1,4224	BCdef	1,8966	ABde	2,0802	ABd
Híbrido	D3	0,6802	D	1,4078	Cdef	3,0781	Aa	2,2931	Bd
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,7973	C	2,2863	ABab	2,6861	Aabc	2,7380	Abcd
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,8356	B	2,1985	Aabc	2,4091	Aabcde	2,0824	Ad
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,8052	B	1,8211	Abcdef	2,1613	Acde	2,1151	Ad
Pousio		0,7140	D	1,1900	CDef	1,7532	BCe	1,9792	Bd
DMS (1)									
DMS (2)									
CV %									

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Profundidades dentro da cobertura; (2) Coberturas dentro da profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 35 - Médias de resistência à penetração (RP) em (MPa) em diferentes profundidades, sob o cultivo de diferentes plantas de cobertura, e pousio, Selvíria, MS, 2010 (conclusão)

Coberturas		Profundidades (m)		
		0,24-0,30	0,30-0,36	0,36-0,40
Sorgo	D1	2,6174 ABabcde	2,4958 ABC	1,8617 C
Sorgo	D2	3,1300 Aa	2,3235 BC	1,9732 CD
Sorgo	D3	2,7582 Aabcd	2,0475 B	2,0137 B
Milheto	D1	2,3111 ABbcde	1,8786 AB	1,7750 B
Milheto	D2	2,9182 ABab	2,3415 BCD	2,0678 CD
Milheto	D3	2,3944 Aabcde	1,8043 AB	1,7265 B
Capim sudão	D1	2,3584 Bbcde	2,2458 B	1,8989 B
Capim sudão	D2	2,9328 Bab	2,3471 BC	1,9529 C
Capim sudão	D3	2,1207 ABcde	2,2491 A	2,1624 AB
Híbrido	D1	2,0926 Acde	1,9518 A	1,8127 A
Híbrido	D2	1,9968 ABde	1,9281 AB	2,3635 A
Híbrido	D3	2,2660 Bbcde	2,1737 B	2,0813 B
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	2,7053 Aabcde	2,3111 AB	2,0019 B
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	1,9507 Ae	2,0329 A	1,8245 A
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	2,1883 Abcde	2,0757 A	1,8414 A
Pousio		2,8457 Aabc	2,1894 AB	1,8561 B
DMS (1)		0,6613		
DMS (2)		0,7691		
CV %		15,63		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, quanto a cobertura, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; (1) Profundidades dentro da cobertura; (2) Coberturas dentro da profundidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Em Selvíria, nas camadas de 0,06-0,12, 0,12-0,18, 0,18-0,24 e 0,24-0,30 m, as coberturas propiciaram diferenças significativas. Como no ano anterior, todas as coberturas propiciaram a menor RP na camada de 0-0,06 m RP, no entanto, as densidades de semeadura 1 e 3 do sorgo e a densidade 1 do híbrido de sorgo com capim sudão, já propiciaram RP superior a 1 MPa. Na camada de 0,06-0,12 m, a densidade de semeadura 3 do sorgo e as densidades de semeadura 1 e 2 da *Urochloa ruziziensis* propiciaram RP superior a 2 MPa e

diferiram das densidades 2 e 3 do híbrido de sorgo com capim sudão, da densidade 1 do capim sudão e do pousio. Na camada de 0,12-0,18 m, a densidade de semeadura 3 do híbrido de sorgo com capim sudão e a densidade 1 do capim sudão propiciaram as maiores RP, acima de 3 MPa, e diferiram da densidade 3 da *Urochloa ruziziensis*, da densidade 3 do milho, da densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão e do pousio, sendo que somente a densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão e o pousio propiciaram RP inferior a 2 MPa. Na camada de 0,18-0,24 m, as densidades de semeadura 1 e 2 do capim sudão e a densidade 2 do milho propiciaram as maiores RP, superior a 3 MPa, e diferiram das três densidades do híbrido de sorgo com capim sudão, das densidades 1 e 3 do milho, das densidades 2 e 3 da *Urochloa ruziziensis* e do pousio, no entanto, somente o pousio propiciou RP inferior a 2 MPa. Na camada de 0,24-0,30 m, a densidade de semeadura 2 do sorgo, a densidade 2 do capim sudão, a densidade 2 do milho e o pousio, propiciaram as maiores RP, sendo que a densidade 2 do sorgo proporcionou RP superior a 3 MPa, e diferiram das densidades 2 do híbrido de sorgo com capim sudão e da densidade 2 da *Urochloa ruziziensis*, que propiciaram RP inferior a 2 MPa. A densidade de semeadura 2 do capim sudão, na camada de 0,18-0,24 m, propiciou a maior RP entre todas as coberturas, em todo o perfil avaliado (0-0,40 m), no entanto, como no ano anterior, nenhuma cobertura propiciou cobertura classificada como muito alta.

Nos dois locais, em todo o período avaliado, os maiores valores de RP foram observados na camada de 0,18-0,24 m, por outro lado, Souza et al. (2005, p. 117-123) verificaram incremento da resistência do solo à penetração com a profundidade, e Borges et al (2004, p. 83-86) encontraram aumento da resistência à penetração a partir de 40,0 cm de profundidade.

Os atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo do milho, sobre as diferentes plantas de cobertura e pousio, em Votuporanga, SP, e Selvíria, MS, constam das Tabelas 36 e 37.

Tabela 36 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Votuporanga, SP, 2010 (continua)

		M	μ	PT	DS
Coberturas		-----m ³ m ⁻³ -----			kg dm ⁻³
		Camada de 0-0,05 m			
Sorgo	D1	0,0575	0,2691	0,3266 ab	1,6427
Sorgo	D2	0,0409	0,2601	0,2802 b	1,6868
Sorgo	D3	0,0535	0,2499	0,3033 ab	1,6712
Milheto	D1	0,0470	0,2604	0,3073 ab	1,6276
Milheto	D2	0,0564	0,2908	0,3572 a	1,7573
Milheto	D3	0,0472	0,2689	0,3161 ab	1,6480
Capim sudão	D1	0,0532	0,2763	0,3295 ab	1,5949
Capim sudão	D2	0,0305	0,3806	0,3109 ab	1,6350
Capim sudão	D3	0,0346	0,2773	0,3119 ab	1,6614
Híbrido	D1	0,0386	0,2498	0,3405 ab	1,6216
Híbrido	D2	0,0541	0,2701	0,3266 ab	1,6329
Híbrido	D3	0,0534	0,2558	0,3092 ab	1,6915
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,0593	0,2860	0,3453 ab	1,5739
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,0474	0,2846	0,3320 ab	1,5961
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,0508	0,2850	0,3359 ab	1,6136
Pousio		0,0450	0,2595	0,3043 ab	1,6342
DMS		0,0586	0,1622	0,0661	0,1885
CV (%)		46,97	22,88	8,04	4,48

Tabela 36 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Votuporanga, SP, 2010 (continuação)

Coberturas		Camada de 0,05-0,15 m			
Sorgo	D1	0,0522	0,2373	0,2895	1,7384
Sorgo	D2	0,0729	0,2532	0,3261	1,6994
Sorgo	D3	0,0393	0,2398	0,2791	1,7677
Milheto	D1	0,0565	0,1758	0,2213	1,7445
Milheto	D2	0,0621	0,2241	0,2861	1,7399
Milheto	D3	0,0598	0,2452	0,3050	1,6903
Capim sudão	D1	0,0465	0,2221	0,2485	1,6979
Capim sudão	D2	0,0637	0,1854	0,2327	1,7528
Capim sudão	D3	0,0607	0,2496	0,3103	1,6841
Híbrido	D1	0,0713	0,2513	0,3226	1,7380
Híbrido	D2	0,0335	0,2887	0,3222	1,6911
Híbrido	D3	0,0565	0,2497	0,2946	1,7792
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,0605	0,2435	0,3040	1,7153
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,0487	0,2667	0,3154	1,6796
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,0564	0,2357	0,2921	1,7218
Pousio		0,0506	0,2312	0,2818	1,5514
DMS		0,0542	0,1148	0,1337	0,2594
CV (%)		37,96	18,86	18,03	5,91

Tabela 36 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Votuporanga, SP, 2010 (conclusão)

Coberturas		Camada de 0,20-0,40 m			
Sorgo	D1	0,0751	0,2585	0,3290	1,6231
Sorgo	D2	0,0632	0,2591	0,3223	1,6854
Sorgo	D3	0,0480	0,2691	0,3172	1,6874
Milheto	D1	0,0667	0,2549	0,3208	1,6750
Milheto	D2	0,0342	0,2886	0,3178	1,6837
Milheto	D3	0,0561	0,2554	0,3114	1,6814
Capim sudão	D1	0,0577	0,2679	0,3255	1,6534
Capim sudão	D2	0,0511	0,2648	0,3159	1,6705
Capim sudão	D3	0,0675	0,2439	0,3115	1,6690
Híbrido	D1	0,0621	0,2538	0,3159	1,6746
Híbrido	D2	0,0784	0,2664	0,3447	1,6478
Híbrido	D3	0,0564	0,2702	0,3325	2,0325
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,0697	0,2511	0,3208	1,6934
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,0582	0,2642	0,3224	1,6700
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,0762	0,2480	0,3242	1,6717
Pousio		0,0481	0,2623	0,3104	1,6619
DMS		0,0661	0,0672	0,0374	0,0661
CV (%)		42,6	10,06	4,54	11,92

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). M = macroporosidade; μ = microporosidade;

PT = porosidade total; DS = densidade do solo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Tabela 37 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Selvíria, MS, 2010.

		M	μ	PT	DS
Coberturas		-----m ³ m ⁻³ -----			kg dm ⁻³
		Camada de 0-0,05 m			
Sorgo	D1	0,0509	0,3571	0,4081	1,5579
Sorgo	D2	0,0576	0,3537	0,4113	1,5348
Sorgo	D3	0,0747	0,3684	0,4431	1,4594
Milheto	D1	0,0676	0,3458	0,4134	1,5523
Milheto	D2	0,0923	0,3510	0,4433	1,4643
Milheto	D3	0,0632	0,3469	0,4101	1,5885
Capim sudão	D1	0,0725	0,3435	0,4160	1,5014
Capim sudão	D2	0,0550	0,3466	0,4015	1,5864
Capim sudão	D3	0,0695	0,3500	0,4195	1,4995
Híbrido	D1	0,1056	0,3153	0,4209	1,5757
Híbrido	D2	0,1002	0,3186	0,4188	1,5414
Híbrido	D3	0,1144	0,3248	0,4392	1,5112
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,072	0,3613	0,4333	1,4938
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,0722	0,3751	0,4473	1,5156
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,0552	0,3821	0,4373	1,5147
Pousio		0,0779	0,3433	0,4212	1,5014
DMS		0,092	0,0785	0,0833	0,2291
CV (%)		47,83	8,77	7,67	5,86

Tabela 37 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Selvíria, MS, 2010 (continuação)

Coberturas		Camada de 0,05-0,15 m			
Sorgo	D1	0,0744	0,3278	0,4022	1,4936
Sorgo	D2	0,0482	0,3341	0,3823	1,6265
Sorgo	D3	0,0391	0,3542	0,4002	1,5351
Milheto	D1	0,0566	0,3177	0,4782	1,5708
Milheto	D2	0,0488	0,3328	0,3815	1,5546
Milheto	D3	0,0628	0,3145	0,3773	1,5251
Capim sudão	D1	0,0456	0,3005	0,3660	1,5664
Capim sudão	D2	0,0486	0,3162	0,3647	1,5878
Capim sudão	D3	0,0713	0,2619	0,3929	1,4931
Híbrido	D1	0,0363	0,3421	0,3784	1,5488
Híbrido	D2	0,0243	0,3028	0,3578	1,5716
Híbrido	D3	0,0374	0,3488	0,3862	1,5488
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,0572	0,3216	0,3789	1,5344
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,0389	0,3196	0,3586	1,5784
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,0464	0,3436	0,3900	1,5383
Pousio		0,0390	0,3581	0,3971	1,5173
DMS		0,0745	0,1209	0,1456	0,1801
CV (%)		59,98	14,52	14,68	4,53

Tabela 37 - Atributos físicos do solo avaliados nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,20-0,40 m, após o cultivo de soja e milho sobre diferentes plantas de cobertura e pousio, em Selvíria, MS, 2010 (conclusão)

Coberturas		Camada de 0,20-0,40 m			
Sorgo	D1	0,0672	0,3523	0,4019	1,4764
Sorgo	D2	0,0504	0,3593	0,4097	1,4737
Sorgo	D3	0,0477	0,5311	0,3988	1,5206
Milheto	D1	0,0795	0,3301	0,4113	1,4899
Milheto	D2	0,0598	0,3647	0,4244	1,4187
Milheto	D3	0,0553	0,3487	0,404	1,4701
Capim sudão	D1	0,0613	0,3443	0,4056	1,4981
Capim sudão	D2	0,0428	0,3433	0,3861	1,5493
Capim sudão	D3	0,0626	0,3387	0,4013	1,5118
Híbrido	D1	0,0515	0,3592	0,4107	1,4428
Híbrido	D2	0,0596	0,351	0,4106	1,4574
Híbrido	D3	0,0451	0,3631	0,4082	1,4318
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D1	0,0636	0,3535	0,4065	1,4556
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D2	0,0503	0,3517	0,4019	1,4736
<i>Urochloa ruziziensis</i>	D3	0,0429	0,3717	0,4031	1,4422
Pousio		0,0672	0,3773	0,3985	1,4288
DMS		0,0664	0,1071	0,0808	0,2012
CV (%)		45,69	11,81	7,78	5,34

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). M = macroporosidade; μ = microporosidade; PT = porosidade total; DS = densidade do solo.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Somente a porosidade total, na profundidade de 0-0,05 m em Votuporanga, apresentou diferenças significativas, com a densidade de semeadura 2 do milheto diferindo da densidade 2 do sorgo. Torres (2003) também não verificou diferenças significativas entre os tratamentos analisados para macroporosidade, e Fabian (2009) também não verificou diferenças significativas entre as plantas de cobertura e o pousio em relação a macroporosidade, microporosidade e densidade do solo e citou que é possível que isso se deva ao tempo que a área se encontra sob sistema de semeadura direta. Conforme destacado por Cruz et al. (2003, p. 1105-1112), é necessário um tempo mínimo de cinco anos para que ocorra a estabilização das alterações provocadas pelo não revolvimento do solo para atributos químicos e, um tempo

semelhante ou maior para que se constatem melhorias nos atributos físicos, dependendo da classe textural. Andrade et al. (2009, p. 411-418) estudaram o efeito de milheto, *Urochloa brizantha*, mombaça, sorgo granífero, estilosantes e *Crotalaria juncea*, na qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado em sistema de semeadura direta, em Santo Antônio de Goiás (GO), e também constataram que as diferentes coberturas não diferiram em relação a densidade do solo, microporosidade e porosidade total, no entanto, na camada superficial, 0-0,10 m, o solo sob guandu apresentou maior macroporosidade que o sob milheto.

Em relação ao valores iniciais, nos dois locais, todas as coberturas propiciaram redução na macroporosidade, nas camadas de 0-0,05 e 0,20-0,40 m, e na porosidade total, na camada de 0,20-0,40 m. Em Votuporanga, todas as coberturas também propiciaram elevação na densidade do solo, na camada de 0,20-0,40 m, e, em Selvíria, também propiciaram redução na porosidade total e elevação da densidade do solo, na camada de 0-0,05 m. De acordo com Merten e Mielnizuck (1991, p. 369-374), quando os restos culturais são mantidos como cobertura do solo, normalmente a densidade do solo e a microporosidade aumentam nas camadas mais superficiais, sendo isto atribuído ao não revolvimento do solo. Silveira et al. (2008, p. 53-59) enfatizaram que o sistema de semeadura direta contínuo promove aumentos na densidade do solo e na microporosidade e diminuições na macro porosidade e porosidade total do solo, entretanto, a densidade tende a diminuir com o passar do tempo quando se utilizam plantas de cobertura do solo no inverno.

Em Votuporanga, nas três camadas avaliadas, nenhuma cobertura propiciou macroporosidade superior a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, no entanto, em Selvíria, na camada de 0-0,05 m, as três densidades de semeadura do híbrido de sorgo com capim sudão, propiciaram macroporosidade variando de $0,1002$ a $0,1144 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. De acordo com Vomocil e Flocker (1961) citados por Teixeira et al. (2006, p. 117-123), valores de macroporos inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ constituem limitação ao crescimento radicular, e segundo Camargo e Alleoni (1997), os macroporos são os caminhos preferenciais para o crescimento das raízes e a diminuição desses prejudica o desenvolvimento radicular das plantas.

Em Votuporanga, somente na densidade de semeadura 2 capim sudão, na camada de 0-0,05 m, observou-se microporosidade superior a $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, no entanto, em Selvíria, na camada de 0-0,05 m, somente as três densidades de semeadura do híbrido de sorgo com capim sudão, e na camada de 0,05-0,15 m, as três densidades de semeadura do capim sudão, as densidades 1 e 2 da *Urochloa ruziziensis*, as densidade 1 e 3 do milheto, a densidade 1 do

sorgo, a densidade 2 do híbrido de sorgo com capim sudão, propiciaram microporosidade inferior a $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Nos dois locais, nas três camadas avaliadas, nenhuma cobertura propiciou porosidade total superior a $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Azevedo e Dalmolin (2006) preconizaram níveis de microporosidade acima de $0,33 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e valores de $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ como limite inferior de porosidade total, para o solo agrícola ideal.

A densidade do solo apresentou valores entre $1,55$ e $2,03 \text{ kg dm}^{-3}$, em Votuporanga e entre $1,41$ e $1,63 \text{ kg dm}^{-3}$, em Selvíria para todas as coberturas, nas três camadas avaliadas. Segundo Reichert, Reinert e Braida (2003, p. 29-48), para solos Franco Arenosos, como o de Votuporanga, a densidade crítica do solo, quando o intervalo hídrico ótimo é igual a zero, varia entre $1,7$ e $1,8 \text{ g cm}^{-3}$, e para solos Argilosos, como o de Selvíria, varia entre $1,3$ e $1,4 \text{ g cm}^{-3}$, já Camargo e Alleoni (1997) consideram $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ como valor crítico de densidade para solos argilosos. Torres (2003) estudou seis plantas de cobertura em Uberaba (MG), e verificou que os valores de densidade do solo variaram entre $1,43$ a $1,64 \text{ Mg m}^{-3}$, não sendo verificadas diferenças significativas entre os diferentes tipos de cobertura, e Pelá (2002) pesquisou o efeito de plantas de cobertura em propriedades físicas do solo, e obteve valores variando de $1,44$ a $1,48 \text{ Mg m}^{-3}$ para milheto, guandu, mucuna preta, *Crotalaria juncea*, *Urochloa* e pousio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento caracterizou-se pela fase inicial de implantação do sistema de semeadura direta, com preparo inicial no sistema de semeadura convencional.

Devido ao curto período de avaliação do experimento, dois anos, as alterações físicas e químicas não foram tão significativas.

A *Urochloa ruziziensis* e o capim sudão mantiveram cobertura do solo superior a 68% até o florescimento das culturas da soja e do milho;

A *Urochloa ruziziensis* mostrou-se como ótima alternativa de planta de cobertura para o manejo integrado de plantas daninhas;

Os atributos químicos do solo: fósforo, magnésio e pH, não foram alterados pelas diferentes coberturas vegetais;

O sorgo, o capim sudão e o híbrido de sorgo com capim sudão contribuíram para redução do teor de alumínio e elevação da saturação por bases;

Os atributos físicos do solo não foram alterados pelas diferentes coberturas vegetais, com redução na macro, micro e porosidade total e elevação da densidade do solo em todo o perfil avaliado e elevação da resistência do solo à penetração, nas camadas inferiores a 0,06 m;

O uso de 18 kg ha⁻¹ de sementes do capim sudão propiciou a menor produtividade de grãos de soja e de milho;

A utilização de 12 e 16 kg ha⁻¹ de sementes da *Urochloa ruziziensis* propiciou as maiores produtividades de grãos de soja;

O uso de 10 kg ha⁻¹ de sementes do milheto e o pousio propiciaram as maiores produtividades de grãos de milho.

6 CONCLUSÕES

A *Urochloa ruzizensis*, nas três densidades de semeadura, mostrou-se como ótima alternativa de planta de cobertura para a Região Noroeste Paulista.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n.1, p. 157-165, 2001.
- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; 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.
- AMADO, T. J. C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 105-111.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- AMARAL, A. S., ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, 2009.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUMARÃES, V. F.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.

ASSIS, R. L.; ROIER, C.; PIRES, F. R.; OLIVEIRA, C. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Avaliação da cobertura do solo e da decomposição de palhadas de milho e híbridos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v. 7, n. 13, p. 91-102, 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/avaliacao%20da%20cobertura.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e ambiente**: uma introdução. 2. ed. Santa Maria: Pallotti, 2006. 100 p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 105-112, 1997.

BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.

BITTENCOURT, H. V. H.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; LANA, M. A.; ALTIERI, M. A. Produtividade de feijão guará e efeito supressivo de culturas de cobertura de inverno em espontâneas de verão. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 4, p. 689-694, 2009.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 843-851, 2008.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.

BORGES, J. R.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O.; PINTO, L. F. S.; LEITZKE, V. W. Resistência à penetração de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 583-86, 2004.

BORTOLINI, C. G. Rotação de culturas no sistema plantio direto. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 8., 2005, Tangará da Serra. **Anais...** Tangará da Serra: Gráfica e Editora Sanches, 2005. p. 115-118.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 131-139, 2010.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.

BRANCALIÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo vermelho na sucessão milheto-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 393-404, 2008.

BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; CANTARELLA, H.; DE MARIA, I. C.; BÁRBARO, I. M. Fitomassa de culturas de cobertura em rotação com a soja sob sistema de plantio direto em duas localidades do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2008., Campinas. **Anais...** Campinas: CATI, 2008. p. 184.

BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA P. M. Produtividade de palhada de plantas de cobertura. In: SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. (Eds.). **Plantas de cobertura dos solos do cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 11-44.

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.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia-preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 87-98, 2006.

CALEGARI, A.; HERNANI, L. C.; PITOL, C.; PRIMAVESI, O.; RESK, D. V. S. Manejo do material orgânico. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 1998. p. 51-57.

CAMARGO, R.; PIZA, R. J. Produção de biomassa de plantas de cobertura e efeitos na cultura do milho sob sistema plantio direto no município de Passos, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 76-80, 2007.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.

CANARACHE, A. Penetrometer: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 51-70, 1990. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01671987/16/1>>. Acesso em: 18 maio 2012.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; SAWAZAKI, E. Sorgo-granífero, forrageiro e vassoura. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 66-67. (Boletim Técnico, 100).

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, DF, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, 2004.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS – CIIAGRO.

Resenha: Votuporanga e Ilha Solteira no período de 01/03/2008 até 31/04/2010. São Paulo, 2012. Disponível em:

<<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>>. Acesso em: 20 maio 2012.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, MG, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 163-171, 2002.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N. C.; SILVEIRA, M. J. da. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

CHUERI, W. A.; VASCONCELLOS, H. P. Dinâmica dos nutrientes no plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2000. p. 129-130.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/12 – Sétimo Levantamento – Abril/2012**. Brasília, DF, 2012. 37 p. (Série histórica). Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_11_15_04_18_boletim_abril_2012.pdf>. Acesso em: 9 maio 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas relativas às safras 1976/77 a 2009/2010 de área plantada, produtividade e produção**. Brasília, DF, 2012. (Série histórica). Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>>. Acesso em: 9 maio 2012.

CORDEIRO, L. A. M. Importância da rotação de culturas para o sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 2., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 165-190.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.

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

De MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 703-709, 1999.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado de solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba: ESALQ/USP - Departamento de Solos, Geologia e Fertilidade, 1980. 44 p.

DÖWICH, I. O sistema plantio direto (SPD) e a integração lavoura pecuária (ILP) no Oeste Baiano. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 8., 2005, Tangará da Serra. **Anais...** Tangará da Serra: Gráfica e Editora Sanches, 2005. p. 108-114.

DRAGHI, L. M.; BOTTA, G. F.; BALBUENA, R. H.; CLAVERIE, J. A.; ROSATTO, H. Diferencias de las condiciones mecánicas de un suelo arcilloso sometido a diferentes sistemas de labranza. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 120-124, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil - 2004**. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Cerrados; EPAMIG; Fundação Triângulo, 2003. 237 p. (Sistemas de Produção, 4).

ELTZ, F. L. P.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; NASCIMENTO, E. S. Desempenho da cultura do milheto em função de épocas de semeadura e do manejo de corte da parte aérea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 391-401, 2004.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – FEBRAPDP. **Área de plantio direto**. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2008. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/Ev_area_pd_brasil.pdf>. Acesso em: 9 maio 2012.

FERNANDES, J. C.; RODRIGUES, J. G. L.; GAMERO, C. A.; ACOSTA, J. J. B.; LANÇAS, K. P. Resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de manejo e velocidades de semeadura no desenvolvimento de um cultivar de triticale. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 4, p. 55-64, 2007.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 307-313, 1999.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 153-159, 2000.

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 67-75, 2006.

GUIMARÃES, G. L. **Efeitos de culturas de inverno e do pousio na rotação de culturas de soja e do milho em sistema de plantio direto**. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T. J.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 331-340, 2001.

HERNANDEZ, F. B. T., LEMOS FILHO, M. A. F., BUZZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1995. 45 p. (Área de Hidráulica e Irrigação. Série Irrigação, 1).

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p. 409-441.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p. 61-104.

LEAMER, R. W.; SHAW, B. A simple apparatus for measuring moncapillary porosity on an extensive scale. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 33, p. 1003-1008, 1951.

LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p.415-423, 2004.

LEMO, L. B.; NAKAGAWA, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; CHINGNOLI JÚNIOR, W.; SILVA, T. R. B. Influência da época de semeadura e do manejo da parte aérea de milheto sobre a soja em sucessão em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 405-415, 2003.

LOMBARDI-NETO, F.; DECHEN, S. C. F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J. Rotação de culturas: análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 127-141, 2002.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Soja. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 202-203. (Boletim Técnico, 100).

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

MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição de sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 369-374, 1991.

MURAIISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F.G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 199-207, 2005.

MUZZILI, O. O. O plantio direto com alternativas no manejo e conservação do solo. In: **Curso básico para instrutores em manejo e conservação do solo**. Londrina: IAPAR, 1991. 20 p.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. A.; 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, DF, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

PASQUALETTO, A. **Sucessão de culturas como alternativa de produção de plantio direto no cerrado**. 1999. 135 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, 1999.

PELÁ, A. **Uso de plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto na região de Jaboticabal-SP**. 2002. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PEREIRA, J. O.; SIQUEIRA, J. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, S. L. Resistência do solo à penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 171-174, 2002.

PRADO, H.; JORGE, J. A.; MENK, J. R. F. **Levantamento pedológico detalhado e caracterização físico-hídrica dos solos da Estação Experimental de Agronomia de Votuporanga (SP)**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 24 p. (Boletim Científico, 42).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 56-59. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 31 p. (Boletim técnico, 81).

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 381-384, 2008.

REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o Sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.

RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 4, p.713-723, 1998.

ROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.

ROSA JÚNIOR, E. J. **Efeitos de sistemas de manejo na cultura do milho (*Zea mays* L.) em um Latossolo roxo na região de Dourados (MS)**. 2000. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SÁ, J. C. M. **Manejo de fertilidade do solo em plantio direto**. Castro: Fundação ABC. 96 p.

SÁ, J. C. M. Rotação de culturas: produção de biomassa e benefícios à fertilidade do solo. In: **Curso sobre Manejo do Solo em Sistema de Plantio Direto**. Castro: [s.n.], 1995. p. 5-13.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **O plantio direto no cerrado úmido**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1995. p. 1-2. (Informações Agrônômicas, 69).

SENRA, A. F.; LOUZADA, R. O.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; VICTOR, D. M. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, La Habana, v. 16, n. 1, p. 31-36, 2007. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/932/93216108.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2012.

SILVA, A. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes tipos de preparo de solo**. 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

- SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; GUIMARÃES, G. L.; BUZETTI, S. Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 202-217, 2006.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 113-117, 1997.
- SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BLANCANEAU, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, 2000.
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 239-249, 2000.
- SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F. Atributos químicos do solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 387-394, 2001.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F.; ALVES JÚNIOR, J. ; SILVA, J. G. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-59, 2008.
- SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.
- SOUZA, Z. M.; BEUTLER, A. N.; MELO, V. P.; MELO, W. J. de. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 117-123, 2005.
- SPERA, T. S.; SANTOS, H. P.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIM, J. E.; SPERA, M. R. N. Compactação de solos sob sistema plantio direto no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, 1., 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2005. p. 238-240.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar - Stolf**. São Paulo: MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8 p. (Série penetrômetro de impacto - Boletim, 1)

- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; KLUTHCOUSKI, J. Influência das pastagens na melhoria dos atributos físicos-hídricos do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p. 173-181.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.
- STONE, L. F.; SILVEIRAI, P. M.; MOREIRAI, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.
- TEIXEIRA, C. F. A.; MORSELLI, T. B. G. A.; KROLOW, I. R. C.; SIMONETE, M. A. Atributos físico-hídricos de um solo cultivado com pastagem de azevém sob diferentes combinações de preparo e tratamento. **Revista Ciência Agronômica**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 117-123, 2006.
- TEIXEIRA, I. R.; SOUZA, C. M.; BORÉM, A.; SILVA, G. F. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 119-126, 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.
- TOKURA, L. K.; NOBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 379-384, 2006.
- TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim-sudão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 2, p. 258-263, 2004.
- TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 1023-1031, 2004.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333-339, 1996.
- TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A.; ARAÚJO, M. A.; PINTRO, J. C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 65-71, 2004.

TORRES, J. L. R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG.** 2003. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1609-1618, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de resíduo vegetal por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

TRABUCO, M. **Produção de milho em plantio direto após plantas de cobertura.** 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

USDA. **Soil survey manual.** Washington: Soil Survey Division Staff, 1993. 437 p. (Handbook, 18).

VASCONCELLOS, C. A.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, F. G.; MAGALHÃES, P. C.; OLIVEIRA, C. A. Resíduos de sorgo e a mineralização do nitrogênio em Latossolo Vermelho fase cerrado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 373-379, 2001.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I – plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 217-223, 2004.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p. 145-170.

VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLAKE, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis.** Madison: ASA, 1965. part 1.

YOKOMIZO, G. K. **Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão.** 1999. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.