



**Palhada, teores de nutrientes e cobertura do solo por plantas de cobertura semeadas no verão para  
semeadura direta de feijão**

*Straw and coverage levels of nutrients soil for plants coverage seeded in summer for direct seeding bean*

**Mariana Pina da Silva<sup>1</sup>, Orivaldo Arf<sup>1</sup>, Marco Eustaquio de Sá<sup>1</sup>, Fabiana Lima Abrantes<sup>1</sup>, Christian Luis Ferreira Berti<sup>1</sup>, Lilian Christian Domingues de Souza<sup>1</sup>, Natalia Arruda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Rua Monção, nº 226 - Bairro: Zona Norte CEP: 15.385-000 - Ilha Solteira, São Paulo. E-mail: mari\_agro@hotmail.com

Recebido em: 01/09/2013

Aceito em: 28/01/2014

**Resumo.** O uso de plantas de cobertura, para produção de palhada, que aportam grandes quantidades de massa ao solo, associado ao menor revolvimento, são medidas que podem reduzir os impactos ambientais adversos e acarretar em maior economia e eficiência na adubação, pois parte dos nutrientes requeridos podem ser supridos pelos nutrientes liberados por meio da decomposição gradativa da palhada das plantas de cobertura. Assim, o objetivo do trabalho foi estudar a produtividade de massa seca, teor nutricional da parte aérea e cobertura do solo por: *Crotalaria juncea*, milho, guandu, mucuna preta, milho + guandu, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna preta, cultivados no verão de 2010 e 2011 e uma área em pousio (vegetação espontânea). O experimento foi desenvolvido no campo, em Latossolo Vermelho, distrófico, textura argilosa, Selvíria-MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Pelos resultados obtidos, conclui-se que a *Crotalaria juncea*, os consórcios milho + mucuna preta e milho + *Crotalaria juncea* constituem adequadas opções para produção de palhada visando o SPD no cerrado. O cultivo de milho, *Crotalaria juncea*, mucuna preta e os consórcios milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna preta proporcionaram recobrimento do solo superior a 70% após 35 dias de seu manejo. A mucuna preta acumulou as maiores quantidades de nutrientes na biomassa.

**Palavras-chave:** *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna aterrima*, semeadura direta, *Pennisetum americanum*

**Abstract.** The use of cover crops for production of straw, that contribute large amounts of soil mass, associated with less soil, are measures that can reduce adverse environmental impacts and resulting in greater economy and efficiency in fertilization because of the nutrients required can be supplied by nutrients released by the gradual decomposition of the straw of cover crops. The objective was to study the productivity of dry mass, nutrient content of shoots and soil cover by: sunn hemp, pearl millet, pigeon pea, velvet bean, pearl millet + pigeon pea, pearl millet + sunn hemp and pearl millet + velvet bean grown in the summer of 2010 and 2011 and an fallow area (spontaneous vegetation). The experiment was conducted in the field, in a field experiment, loam, clayey, Selvíria - MS. The experimental design was randomized blocks with four replicates. From the results obtained, it is concluded that the sunn hemp, consortia pearl millet + velvet bean and millet + sunn hemp are suitable options for production of straw targeting no tillage in the cerrado. The cultivation of pearl millet, sunn hemp, velvet bean and consortia pearl millet + sunn hemp and pearl millet + velvet bean provided covering the ground greater than 70% after 35 days of its management. The velvet bean accumulated the largest amounts of nutrients in the biomass.

**Keywords:** *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna aterrima*, no-tillage, *Pennisetum americanum*

### **Introdução**

A degradação do solo tem sido preocupação constante da comunidade científica, por causa da

redução na produtividade das culturas, do aumento no custo de produção e dos danos ao meio ambiente. Uma das práticas mais efetivas e eficientes de



conservação do solo é o plantio direto. O emprego da semeadura direta implica no conhecimento e definição das espécies, as quais devem ter boa produção de biomassa e ser suficientemente persistentes, para proteção física do solo e disponibilização de nutrientes, sobretudo nos períodos de excesso ou escassez de água, resultando em benefícios para a cultura posterior (Nunes et al., 2006).

O uso de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pela decomposição dos seus resíduos (Duda et al., 2003).

O período de permanência da cobertura do solo oriunda de resíduos vegetais vai depender das características da palha, principalmente a relação C/N (carbono – nitrogênio) do tecido e o grau de degradabilidade do C (açúcares ou celulose e lignina). Culturas de cobertura com baixa relação C/N tendem a se decompor rapidamente, deixando o solo desprotegido. De outro modo, palhas com elevada relação C/N, como gramíneas, decompõem-se mais lentamente (Borkert et al., 2003). Na região do Cerrado, as condições de umidade e temperaturas elevadas em boa parte do ano, resultam na rápida decomposição da palha depositada sobre o solo (Calegari et al., 1993). A decomposição é regulada pela interação entre os fatores de qualidade (orgânica e nutricional) do substrato e a natureza da comunidade decompositora com os macro e microrganismos (Alvarenga et al., 2001).

A cobertura do solo por espécies vegetais é um fator importante para a proteção deste, pois devido à formação e deposição de palha, ocorre a contribuição na melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990). Geralmente as plantas de cobertura são cultivadas visando à proteção do solo contra erosão e perda de nutrientes (Alvarenga et al., 1995) com isso fornece melhores condições ao solo e a cultura durante o seu desenvolvimento. Porém, muitos benefícios pelo uso de plantas de cobertura podem ser citados, como: aumento da população de

artrópodes e microfauna, aumento do estoque de carbono, diminuição de infestação de plantas espontâneas, menor resistência à penetração, menor oscilação da temperatura, maior economia de água e melhoria na química do solo (Fontes, 2005).

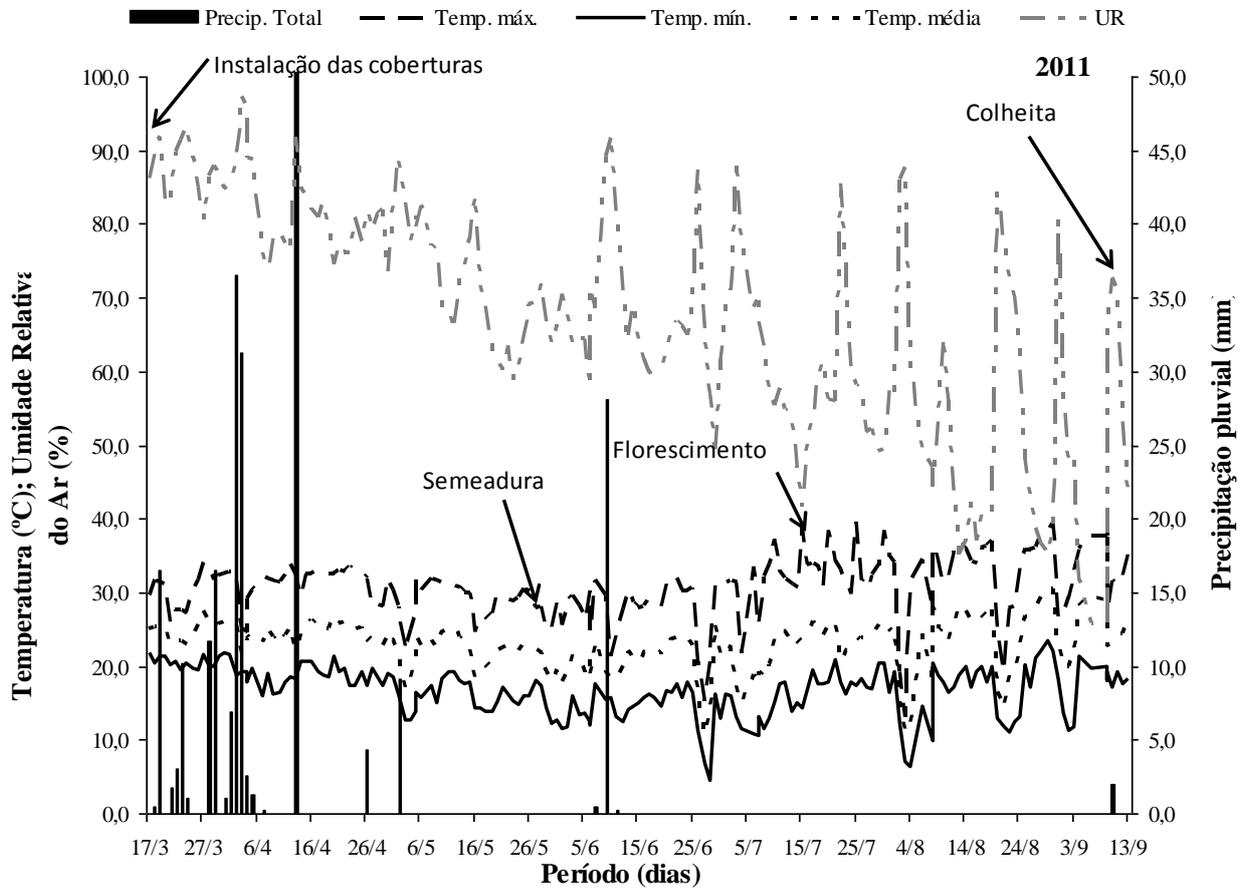
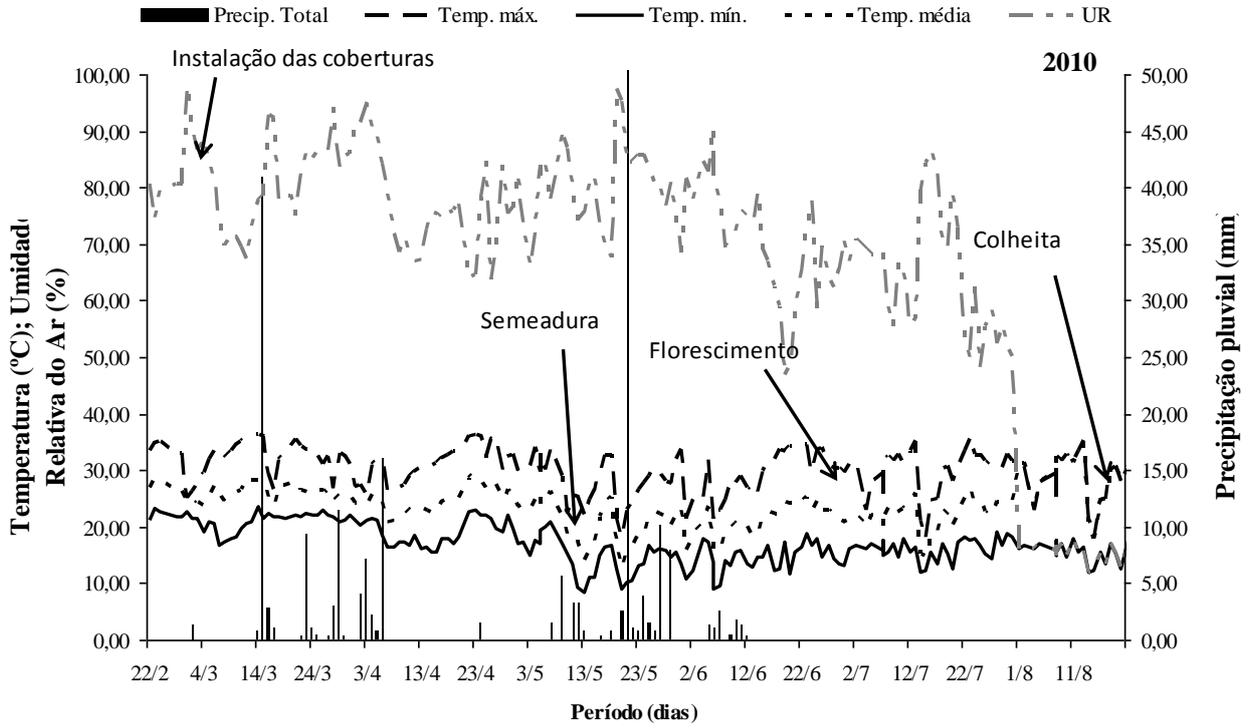
Segundo Giacomini et al. (2003), além de proteger o solo e de adicionar nitrogênio, o consórcio entre espécies favorece a produção de massa seca com relação C:N intermediárias àquelas das espécies em cultivos solteiros, proporcionando cobertura por mais tempo, e sincronismo entre fornecimento e demanda de N para espécies comerciais.

O objetivo do trabalho foi estudar a produtividade de massa seca, teor nutricional da parte aérea e cobertura do solo por: *Crotalaria juncea*, milheto, guandu, mucuna preta, milheto + guandu, milheto + *Crotalaria juncea* e milheto + mucuna preta, cultivados no verão de 2010 e 2011 e uma área em pousio (vegetação espontânea).

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- UNESP localizada no Município de Selvíria- MS, durante as safras de inverno de 2010 e 2011. O local apresenta como coordenadas geográficas 51° 22' W e 20° 22' S e altitude aproximada de 335 m. O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Segundo Centurion (1982) a temperatura média anual é de aproximadamente 25°C, precipitação total anual de 1.330 mm e a média anual de umidade relativa do ar de 66% sendo os dados climáticos durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

O solo do local é considerado de acordo com a classificação da Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. Antes da instalação do experimento realizou-se a análise química do solo na camada de 0-0,2 m, cujas características químicas foram: matéria orgânica, 16 g dm<sup>-3</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) 5,0; P resina 16 mg dm<sup>-3</sup>; K, Ca, Mg, H+Al, e Al de 1,7; 25; 14; 30 e 1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente, e saturação por bases de 58%.





**Figura 1.** Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C), coletados durante a condução do experimento (Selvíria, MS, 2010/2011).

A área experimental vinha sendo cultivada por 10 anos no sistema de semeadura direta, sendo a cultura antecessora ao feijão o milho nos dois anos de estudo.

O experimento foi instalado em fevereiro de 2010, sendo utilizadas as seguintes plantas de cobertura: milho (*Pennisetum americanum* L.), mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan*), cultivos consorciados em linhas alternadas (Milheto/Guandu; Milheto/Crotalaria e Milheto/Mucuna preta), além de ser também utilizada uma área em pousio. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, num total de 32 parcelas (14 x 10 m). Na área de pousio, foi feita a identificação das plantas invasoras, sendo constatada a presença de *Peschiera fuchsiaefolia*, *Sida rhombifolia*, *Commelina benghalensis*, *Alternanthera tenella*, *Cenchrus echinatus* L., *Bidens pilosa* L., *Panicum maximum*.

O espaçamento entrelinhas foi de 0,45 m e a densidade de semeadura utilizada foi a seguinte: 15 sementes por metro para mucuna preta; 50 sementes por metro para crotalaria; 22 sementes por metro para guandu e 58 sementes por metro para milho para uma germinação de 70% para todas as sementes.

Nos cultivos consorciados em linhas alternadas (Milheto/Guandu; Milheto/Crotalaria e Milheto/Mucuna preta), a densidade de semeadura foi a mesma utilizada no cultivo solteiro para ambas as coberturas vegetais. Apesar de cada planta de cobertura ter exigência específica em nutrientes, todas as espécies foram semeadas sem adubação básica.

Antes do manejo das plantas de cobertura e da área de pousio foram coletadas amostras de plantas em 1,0 m<sup>2</sup> de cada parcela e determinada a produção de massa seca. O material obtido foi pesado e colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 65°C. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas. Após a pesagem, esta massa seca foi utilizada para a determinação dos teores foliares dos nutrientes contidos em cada cultura de cobertura, sendo determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S (somente em 2011), seguindo a metodologia de Malavolta et al. (1997). Após a determinação e em

função da massa seca produzida por cada cultura, determinou-se a quantidade de nutrientes acumulados por estas culturas.

Após esta amostragem, as plantas de cobertura foram dessecadas mediante a aplicação de herbicida glyphosate (1560 g i.a. ha<sup>-1</sup>), obtendo assim os resíduos vegetais para a implantação das parcelas. Após o manejo químico e mecânico, a cobertura do solo propiciada pela palha foi avaliada por um período de 35 dias em intervalos de sete dias, utilizando-se método proposto por Laflen et al. (1981).

A semeadura do feijoeiro foi realizada mecanicamente, em 12.05.2010 e 31.05.2011 em sistema de semeadura direta, utilizando-se o cultivar Pérola.

Após a colheita do feijão, em março de 2011, foram semeadas novamente as coberturas vegetais, nos mesmos locais, sendo estas também dessecadas aos 70 dias após o semeadura (DAS), sendo realizado a coleta de dados novamente.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste F em cada ano agrícola. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

No primeiro ano (2010), a área em pousio apresentou o menor valor de massa seca da parte aérea (MSPA), enquanto que as demais coberturas apresentaram produção de MSPA variando de 7,5 a 9 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1), superior às 6,0 Mg ha<sup>-1</sup>, citadas por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima ideal de adição de matéria seca da parte aérea em um sistema de rotação de culturas, de maneira que se mantenha adequada a cobertura do solo, além da provável não propagação de plantas daninhas.

A menor produção de matéria seca da parte aérea pela vegetação espontânea (pousio), quando comparada aos adubos verdes, corrobora aos dados de Perin et al. (2004), que verificaram que a *Crotalaria juncea* produziu 31% a mais que o milho e 108% a mais que a área de pousio e de Favero et al. (2000) que verificaram menor produção de matéria seca da parte aérea proporcionada pela vegetação espontânea, quando comparada a adubação verde.



**Tabela 1.** Produção de matéria seca da parte aérea da parte aérea (MSPA) pelas plantas de cobertura. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

| Tratamentos                        | Produção de matéria seca da parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> ) |           |
|------------------------------------|--|-----------|
|                                    | 2010   | 2011      |
| Cobertura vegetal                  |  |           |
| Milheto                            | 9.059 a  | 10.046 ab |
| <i>Crotalaria juncea</i>           | 9.405 a  | 11.520 ab |
| Guandu                             | 8.907 a  | 6.974 bc  |
| Mucuna preta                       | 7.859 a  | 12.169 a  |
| Pousio                             | 3.762 b  | 3.237 c   |
| Milheto + Guandu                   | 7.500 a  | 10.977 ab |
| Milheto + <i>Crotalaria juncea</i> | 8.202 a  | 12.888 a  |
| Milheto + Mucuna preta             | 9.076 a  | 13.562 a  |
| DMS                                | 2.974,2  | 5.186,7   |
| CV (%)                             | 15,7   | 17,4      |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ressalta-se que a produção de matéria seca da parte aérea de plantas de coberturas do solo depende do tipo de vegetação, das condições intrínsecas de solo (morfologia) e clima local e, também, da época de cultivo, idade de corte, em virtude do fotoperíodo.

Em áreas sob pousio, Barbosa et al. (2011) verificaram produção de matéria seca, em fevereiro na região de Selvíria-MS de 5,5 Mg ha<sup>-1</sup>, valor superior aos obtidos neste trabalho. Fato esse comprovado pela variedade de espécies encontrada na área experimental (19 espécies de plantas daninhas), responsáveis pela infestação, sendo estas distribuídas em 19 gêneros e 11 famílias, das quais as famílias mais representativas do levantamento fitossociológico, para o número de espécies foram: Poaceae (6), Amaranthaceae (2), Asteraceae (2) e Fabaceae (2).

Observou-se a presença no experimento, em maior densidade populacional, do Leiteiro (*Peschiera fuchsiaeifolia*), guanxuma (*Sida rhombifolia*), trapoeraba (*Commelina benghalensis*), apaga-fogo (*Alternanthera tenella*), capim carrapicho (*Cenchrus echinatus* L), picão preto (*Bidens pilosa* L.) e capim colônia (*Panicum maximum*) o que mostra a importância da utilização de espécies de cobertura do solo no período da entressafra, no outono-inverno.

Em 2011 as produções de MSPA foram superiores às verificadas no primeiro ano (exceção da área sobre pousio e guandu), fato atribuído às condições climáticas que as plantas de cobertura

foram submetidas, com destaque para a melhor distribuição pluvial (Figura 1). A maior produção de MSPA foi proporcionada pelo consórcio milho + mucuna preta, embora não diferindo dos demais consórcios e dos cultivos solteiros de *Crotalaria juncea*, milho e mucuna preta. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al (2002), para o consórcio milho e mucuna preta com corte 90 após semeadura. Em relação à mucuna preta, apesar de ser uma leguminosa com baixa relação C/N e apresentar tendência de decomposição mais rápida, nota-se, pela sua grande quantidade de matéria seca, que a taxa de recobrimento do solo foi excelente, não diferindo significativamente da *Crotalaria juncea* (Tabela 1). Esta, por ter proporcionado uma quantidade maior de caules, constituiu cobertura de solo com provável maior teor de lignina, tendendo ao longo do tempo decomposição mais lenta.

A utilização de diferentes espécies de plantas de cobertura tem seus distintos aspectos de acúmulo de nutrientes, sendo que a área com vegetação espontânea (pousio) de maneira geral apresentou menor acúmulo de nutrientes na palhada, comparada as plantas de cobertura (Tabela 2), mostrando a importância das plantas de cobertura na ciclagem de maiores quantidades de nutrientes ao solo, e que conseqüentemente poderão ser absorvido pelas plantas sucessoras (feijoeiro).

Os teores de nutrientes observados associados à matéria seca da parte aérea produzida indicam que as plantas de cobertura podem



proporcionar um grande retorno de macronutrientes do solo. Entretanto, os menores valores obtidos de acúmulo de macronutrientes para a área em pousio ocorreram devido, a menor quantidade de matéria seca da parte aérea produzida por área comparada

com as plantas de cobertura, ou seja, as variações quanto ao fornecimento destes nutrientes ao solo depende da quantidade e do teor de nutrientes no resíduo produzido pelas plantas de cobertura.

**Tabela 2.** Acúmulo de macronutrientes em plantas de cobertura, por ocasião do corte e adição das palhadas na superfície do solo. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

| Kg ha <sup>-1</sup> | Tratamento - Coberturas vegetais |                  |        |        |        |                    |                    |                    |       |       |
|---------------------|----------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|
|                     | Milheto                          | <i>C. juncea</i> | Guandu | Mucuna | Pousio | M + G <sup>1</sup> | M + C <sup>2</sup> | M + M <sup>3</sup> | DMS   | CV%   |
| N 2010              | 146 de                           | 186 d            | 261 b  | 361 a  | 59 f   | 164 e              | 163 e              | 209 c              | 18,02 | 3,85  |
| N 2011              | 104 de                           | 213 bc           | 146 d  | 357 a  | 47 e   | 154 cd             | 145 d              | 248 b              | 64,8  | 12,72 |
| P 2010              | 26 cd                            | 28 bc            | 33 b   | 44 a   | 10 e   | 23 cd              | 22 d               | 33 b               | 5,85  | 8,96  |
| P 2011              | 32 c                             | 39 c             | 17 d   | 58 a   | 15 d   | 41 bc              | 42 bc              | 54 ab              | 13,8  | 12,9  |
| K 2010              | 197 a                            | 120 c            | 84 d   | 182 a  | 73 d   | 146 b              | 124 c              | 160 b              | 20,2  | 6,27  |
| K 2011              | 94 a                             | 74 a             | 33 d   | 70 ab  | 35 cd  | 82 a               | 63 abc             | 88 a               | 36,57 | 8,77  |
| Ca 2010             | 47 c                             | 75 b             | 74 b   | 112 a  | 13 e   | 35 d               | 51 c               | 73 b               | 4,8   | 3,37  |
| Ca 2011             | 16 e                             | 59 b             | 33 cd  | 76 a   | 8 e    | 36 c               | 20 de              | 63 ab              | 16,31 | 14,56 |
| Mg 2010             | 30 b                             | 37 a             | 31 b   | 27 bc  | 15 d   | 27 bc              | 30 b               | 25 c               | 4,32  | 6,57  |
| Mg 2011             | 28 b                             | 50 a             | 12 c   | 30 b   | 10 c   | 38 ab              | 24 bc              | 36 ab              | 14,6  | 17,79 |
| S 2011              | 18 cd                            | 42 ab            | 34 bc  | 58 a   | 6 d    | 29 bc              | 60 a               | 31 bc              | 18,25 | 18,19 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> Milheto + Guandu; <sup>2</sup> Milheto + *Crotalaria juncea*; <sup>3</sup> Milheto + Mucuna-preta

O maior acúmulo de nitrogênio nos dois anos de cultivo foi verificado na palhada de mucuna – preta. Este efeito é decorrente tanto da maior matéria seca da parte aérea quanto dos teores mais elevados de N da mucuna (Tabela 3). A quantidade de nutrientes acumulada depende da espécie utilizada, do estágio fenológico, da produção de matéria seca da parte aérea e do período de cultivo. Este maior acúmulo de nitrogênio expressa a grande importância das mucunas para o aporte de nitrogênio nos sistemas de produção, principalmente naqueles em que existam cultivos com maior exigência nesse nutriente. O maior acúmulo de N pela mucuna (361 kg ha<sup>-1</sup> de N), quando comparado aos dados de Rodrigues (2008), 117 kg ha<sup>-1</sup> de N, deve-se à sua maior produção de matéria seca, visto que o teor de N obtido foi similar ao encontrado pelo autor citado.

O aporte de N pela mucuna preta, crotalaria e guandu foram superiores aos citados por Wutke et al. (2009), 120 a 210 kg ha<sup>-1</sup> de N para as mucunas, e aos obtidos por Oliveira et al. (2007), 84 kg ha<sup>-1</sup> de N para a crotalaria nas mesmas condições do experimento em questão. O guandu apresentou valores superiores aos obtidos por Torres et al. (2006), que foi de 51,3 e 62,4 kg ha<sup>-1</sup> de N em dois períodos de safra.

O acúmulo de fósforo (P) foi maior para os tratamentos com mucuna preta em 2010 e em 2011 foi maior para os tratamentos com mucuna e no consórcio de milho + mucuna preta, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3). O maior acúmulo de fósforo demonstra uma maior capacidade de ciclagem desse nutriente, característica importante para as espécies de adubos verdes a serem utilizadas nas regiões com baixo teor de fósforo. Segundo Sodré Filho et al. (2004), o desempenho da mucuna com relação à acumulação de P pode estar associado às raízes profundas, a altos acúmulos de P e a possíveis colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares nativos, o que ocorrem naturalmente (Miranda; Miranda, 2001).

De acordo com Le Mare et al. (1987), um aspecto muito importante a ser considerado em relação à mucuna preta é a sua alta capacidade de reciclar fósforo, aumentando a disponibilidade desse nutriente nos solos de Cerrado, fato esse comprovado no trabalho em questão.

Em relação ao fornecimento de fósforo o guandu apresentou valor superior aos obtidos por Carvalho et al. (1999) 25 kg ha<sup>-1</sup> de P e por Borket et al. (2003), de 8 kg ha<sup>-1</sup> de P.

Para o potássio (K), destacou-se quanto ao acúmulo a mucuna preta, que por sua vez não diferiu



estatisticamente do milho em 2010 (Tabela 3). Já em 2011, o maior acúmulo foi obtido pelo milho, não diferindo da *Crotalaria juncea*, mucuna preta, e dos consórcios em estudo (Tabela 3). A alta capacidade de acúmulo de K apresentada por essas plantas as tornam como alternativa para incremento

desse elemento em sistema no qual se cultive principalmente espécies exigentes desse nutriente (Oliveira et al., 2007), como é o caso das espécies acumuladoras de amido em partes subterrâneas, tais como família das Dioscoreas: Inhamé, e das Euphorbeaceas: mandioca.

**Tabela 3.** Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura, por ocasião do corte e adição das palhadas na superfície do solo. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

| Tratamento- Coberturas vegetais |          |                  |         |          |         |                    |                    |                    |      |       |
|---------------------------------|----------|------------------|---------|----------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-------|
| g kg <sup>-1</sup>              | Milheto  | <i>C. juncea</i> | Guandu  | Mucuna   | Pousio  | M + G <sup>1</sup> | M + C <sup>2</sup> | M + M <sup>3</sup> | DMS  | CV(%) |
| N 2010                          | 16,7 b   | 17,7 b           | 26,1 a  | 30,4 a   | 15,8 b  | 15,1 b             | 17,5 b             | 18,9 b             | 5,64 | 12,01 |
| N 2011                          | 10,6 d   | 18,1 c           | 22,6 b  | 29,5 a   | 10,8 d  | 14,3 cd            | 14,3 cd            | 22,9 b             | 3,84 | 9,04  |
| P 2010                          | 2,89 ab  | 2,27b            | 3,20 a  | 3,15 a   | 2,59 ab | 2,84 ab            | 2,80 ab            | 2,67 ab            | 0,65 | 9,82  |
| P 2011                          | 3,22 bcd | 3,4 bc           | 2,6 d   | 4,8 a    | 2,8 cd  | 4,7 a              | 3,7 b              | 4,7 a              | 0,76 | 8,55  |
| K 2010                          | 14,7 ab  | 8,3 c            | 8,99 bc | 12,5 abc | 15,0 a  | 16,1 a             | 13,0 abc           | 13,6 abc           | 5,84 | 19,27 |
| K 2011                          | 8,4 ab   | 6,7 abcd         | 4,4 d   | 6,1 bcd  | 4,9 cd  | 9,2 a              | 7,6 abc            | 6,7 abcd           | 3,04 | 19,02 |
| Ca 2010                         | 3,4 f    | 6,9 bc           | 8,4 b   | 11,4 a   | 4,7 def | 3,6 ef             | 5,4 cde            | 6,1 cd             | 1,97 | 13,26 |
| Ca 2011                         | 1,6 d    | 5,2 ab           | 4,2 bc  | 6,1 a    | 1,7 d   | 3,4 c              | 3,5 c              | 5,6 ab             | 1,38 | 14,88 |
| Mg 2010                         | 2,9      | 3,5              | 2,9     | 2,8      | 3,5     | 2,9                | 3,7                | 3,2                | 0,87 | 11,45 |
| Mg 2011                         | 3,0 abcd | 4,0 a            | 2,25 cd | 2,4 bcd  | 2,0 d   | 3,4 ab             | 3,8 a              | 3,3 abc            | 1,08 | 15,18 |
| S 2011                          | 1,86 c   | 3,79 ab          | 4,65a   | 3,89 ab  | 4,3 a   | 2,16 c             | 2,62 bc            | 2,80 bc            | 1,52 | 19,64 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade

<sup>1</sup> Milheto + Guandu; <sup>2</sup> Milheto + *Crotalaria juncea*; <sup>3</sup> Milheto + Mucuna-preta

A disponibilidade de K pelo guandu e crotalaria foram inferiores aos citados por Carvalho et al. (1999), de 254,3 kg ha<sup>-1</sup> de K para o guandu e 216 kg ha<sup>-1</sup> de K para a crotalaria. O milho apresentou valor superior aos obtidos por Rodrigues (2008), 87 kg ha<sup>-1</sup> de K. Contudo, é importante mencionar no trabalho citado acima, que as espécies de plantas de cobertura foram cultivadas na primavera (outono-novembro) e o feijoeiro foi semeado após as culturas de verão, ou seja, em junho do ano seguinte.

Embora as espécies espontâneas tenham produzido menos matéria seca da parte aérea (Tabela 1), apresentaram elevado teor de K (Tabela 3). Assim, as plantas daninhas podem promover os mesmos efeitos de ciclagem de K que as espécies empregadas na adubação verde, quando providas de alta produção de matéria seca.

O acúmulo de Cálcio (Ca) (Tabela3) foi maior para os tratamentos com mucuna preta em 2010, e em 2011 para os tratamentos com mucuna preta e no consórcio de milho + mucuna preta, que não diferiram entre si. Possivelmente, a maior parte desse Ca foi proveniente de camadas inferiores do

solo, pois, essa espécie apresenta enraizamento bastante profundo. Cabe ressaltar a importância dessa característica do sistema radicular, quanto à possibilidade de reciclagem de outros nutrientes que, também, são potencialmente lixiviados (por exemplo, K e N).

O fornecimento de Ca pela crotalaria, guandu e milho foram inferiores aos citados por Carvalho et al. (1999), de 202 e 90,5 kg ha<sup>-1</sup> de Ca para as crotalarias e guandu, e aos obtidos por Oliveira et al. (2002), de 93 kg ha<sup>-1</sup> de Ca para o milho.

O acúmulo de magnésio (Mg) foi maior para os tratamentos com crotalaria em 2010 e 2011, porém em 2011 não diferiu do milho + guandu e milho + mucuna preta. Esse fato pode ser explicado devido à crotalaria ser relativamente tolerante a seca, em solos sem a presença de camadas compactadas, e eficiente na absorção de nutrientes, principalmente N, K e Mg (Alvarenga et al., 1995; Burle et al., 2006; Calegari, 1995). O aporte de Mg pelo milho foi inferior ao citado por Oliveira et al. (2002), de 54 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. Para o guandu e crotalaria os valores permaneceram na



mesma faixa dos obtidos por Carvalho et al. (1999), de 29,6 e 58 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, respectivamente.

O maior acúmulo de Enxofre (S) em 2011 foi obtido pela mucuna preta não diferindo do tratamento com crotalaria e o consórcio milheto + crotalaria. O aporte de S em 2011 foi superior ao citado por Rodrigues (2008), de 15 kg ha<sup>-1</sup> de S para o milheto, para o guandu e crotalaria citados por Carvalho et al. (1999), de 28 e 9,4 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente.

De maneira geral, ao se comparar os dados, observa-se que a mucuna preta se destaca como cultura recicladora, com elevado acúmulo de nutrientes, principalmente N, P, K e Ca. Os resultados reforçam o potencial para o uso de leguminosas na adubação verde, sobretudo das espécies estudadas, como alternativa para economia substancial de fertilizantes sintéticos, particularmente importantes para a agricultura familiar, que normalmente são descapitalizados e muitas vezes cultivam em solos depauperados, pelos

anos de exploração, ou por escassez de reservas de nutrientes. Outro aspecto de grande dimensão é a contribuição ambiental, como a proteção dos solos, que reduz perdas por processos como a lixiviação, carreamento de partículas por erosão e outros, que promovem perdas na qualidade dos solos, principalmente em ambientes tropicais (Chaves et al., 1997). Nota-se que independente dos anos estudados, as culturas de milheto, *Crotalaria juncea*, mucuna preta e os consórcios milheto + guandu, milheto + *Crotalaria juncea* e milheto + mucuna preta apresentaram o mesmo desempenho até praticamente 14 dias após o rebaixamento da cultura (DAR), apresentando valores próximos ou superiores a 80% de recobrimento do solo (Tabela 4), sendo que uma possível causa da decomposição lenta da palhada da cultura pode ser o maior produtividade de matéria seca da parte aérea obtido pelas plantas de cobertura em questão.

**Tabela 4.** Valores médios referentes à porcentagem de recobrimento do solo pelas plantas de cobertura por ocasião do corte e adição das palhadas na superfície. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

| Tratamento- Coberturas vegetais |         |               |         |         |         |                    |                    |                    |       |      |     |
|---------------------------------|---------|---------------|---------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|------|-----|
| DAR                             | C.      |               |         |         |         |                    |                    |                    |       | DMS  | CV% |
|                                 | Milheto | <i>juncea</i> | Guandu  | Mucuna  | Pousio  | M + G <sup>1</sup> | M + C <sup>2</sup> | M + M <sup>3</sup> |       |      |     |
| O (2010)                        | 100,0 a | 100,0 a       | 92,3 ab | 100,0 a | 89,0 b  | 96,0 ab            | 99,5 a             | 97,2 a             | 8,73  | 3,8  |     |
| O (2011)                        | 100,0 a | 100,0 a       | 96,6 b  | 100,0 a | 90,7 c  | 99,0 ab            | 100,0 a            | 100,0 a            | 3,01  | 1,06 |     |
| 7 (2010)                        | 93,0 ab | 87,9 abc      | 80,7 b  | 94,5 a  | 81,7 ab | 88,2 abc           | 90,8abc            | 89,4 abc           | 11,28 | 5,39 |     |
| 7 (2011)                        | 95,0 ab | 98,0 a        | 87,6c   | 94,7 ab | 86,8 c  | 93,0 ab            | 94,3 ab            | 94,3 ab            | 5,03  | 1,87 |     |
| 14(2010)                        | 81,8    | 80,8          | 73,4    | 85,8    | 78,3    | 80,3               | 84,2               | 84,9               | 15,3  | 7,92 |     |
| 14(2011)                        | 90,0 a  | 91,0 a        | 75,4 d  | 83,8 bc | 81,7 c  | 88,3 ab            | 90,4 a             | 83,0 ab            | 4,99  | 1,98 |     |
| 21(2010)                        | 78,7 a  | 77,1 a        | 58,3 b  | 77,1 a  | 60,6 a  | 70,1 a             | 78,3 a             | 78,5 a             | 9,92  | 5,66 |     |
| 21(2011)                        | 83,4 ab | 78,9 b        | 65,4 c  | 80,8 ab | 78,1 b  | 81,7 ab            | 86,3 a             | 80,0 ab            | 7,12  | 3,03 |     |
| 28(2010)                        | 75,3 a  | 74,2 a        | 53,5 b  | 73,8 a  | 54,3 b  | 67,5 a             | 75,9 a             | 76,0 a             | 9,93  | 5,95 |     |
| 28(2011)                        | 77,9 ab | 72,0 bc       | 56,3 d  | 77,5 ab | 66,9 c  | 76,6 abc           | 83,7 a             | 75,3 abc           | 10,14 | 4,59 |     |
| 35(2010)                        | 72,8 a  | 69,5 ab       | 48,2 c  | 71,2 ab | 46,9c   | 64,6 b             | 73,3 a             | 72,4 ab            | 8,14  | 5,15 |     |
| 35(2011)                        | 66,9 a  | 62,2 a        | 48,4 b  | 73,3 a  | 45,8 b  | 63,9a              | 68,9 a             | 64,9 a             | 13,65 | 7,28 |     |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade

<sup>1</sup> Milheto + Guandu; <sup>2</sup> Milheto + *Crotalaria juncea*; <sup>3</sup> Milheto + Mucuna-preta

<sup>4</sup> DAR = Dias após o rebaixamento das plantas de cobertura.

Resultados semelhantes foram apresentados por Silva et al. (2006), que verificaram que *Crotalaria juncea*, milho e consórcios milho + mucuna preta e milho + capim braquiária apresentaram o mesmo desempenho até praticamente 21 DAR, apresentando valores próximos ou superiores a 80% de recobrimento do solo. Segundo Moreira & Siqueira (2002), a taxa de

decomposição dos resíduos vegetais é dependente da relação C/N. Assim, quanto menor é a relação C/N, mais rápida é a decomposição dos resíduos vegetais (Tisdall & Oades, 1982); portanto, os benefícios quanto à proteção da superfície do solo são menores, acarretando-se maior evaporação da água do solo. Salienta-se que as relações C/N são de 23:1 na



mucuna preta, 28:1 na *C. juncea*, 15:1 no guandu, 30:1 ou mais no milheto (Bertol et al., 2004).

A cultura do milheto possui altos teores de lignina e celulose, o que a torna uma espécie resistente a decomposição. De acordo com Pelá et al. (1999), a planta do milheto é um material persistente no solo, tendo encontrado uma porcentagem de perda de massa de 66% aos 73 dias após o manejo.

Na área com guandu e pousio (vegetação espontânea) verificaram-se as menores porcentagens de recobrimento do solo em ambos os anos de cultivo (Tabela 4), devido à menor produção de matéria seca da parte aérea nessas duas áreas. A cultura do guandu, sendo uma leguminosa, apresenta relação C/N baixa, resultando numa decomposição mais rápida de sua matéria seca. O mesmo não ocorreu com a *Crotalaria juncea* que apesar de ser uma planta de baixa relação C/N, nos primeiros 15 dias de avaliação, o solo apresentava-se com 80 % de recobrimento do solo, talvez devido ao fato de ser uma planta muito fibrosa e, em função dessa característica, ter permanecido altos valores de recobrimento do solo, sendo encontrada em boa quantidade no período de desenvolvimento do feijoeiro. Contradizendo os resultados desse estudo, Barboza et al. (2011), na avaliação de porcentagem de cobertura do solo pela cultura da crotalaria, verificou que essa cultura produziu as menores quantidades de palha, em comparação com sorgo, milheto e braquiarião, nas duas épocas de semeadura para todas as épocas de amostragem, como consequência, houve menor recobrimento do solo por essa palhada.

### Conclusões

A *Crotalaria juncea*, os consórcio milheto + mucuna- preta e milheto + *Crotalaria juncea* constituem adequadas opções para produção de palhada visando o SPD no cerrado. O cultivo de milheto, *Crotalaria juncea*, mucuna preta e os consórcios, milheto + *Crotalaria juncea* e milheto + mucuna preta proporciona recobrimento do solo superior a 70% após 35 dias de seu manejo. A mucuna preta acumula as maiores quantidades de nutrientes na biomassa.

### Referências

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**, 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 de plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

AMABILE, R.F. Coleção de espécies vegetais para cobertura e conservação dos solos sob vegetação de cerrado: projeto de pesquisa. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1993. 4 p.

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos num latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, p. 837-845, 1999.

BARBOSA, C.E.M.; LAZARINI, E.; PICOLI, P.R.F.; FERRARI, S. Plantas de cobertura em região de inverno seco para semeadura direta de soja. **Científica**, v. 39, n. 1/2, p. 52-64, 2011.

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

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

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n. 1, p.91-98, 1990.

BURLE, M.L.; CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. E PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. Cerrado: adubação verde. Planaltina: Embrapa/Cerrados, 2006. 369 p.



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

CALEGARI, A. Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1995.118 p.(Circular, 80).

CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M.L.F.; ARF, O.; SÁ, M.E. Cultura do feijoeiro de “inverno” em sucessão a milho, soja e algodão, em semeadura direta e convencional com adubação verde. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador, 1999. Anais. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. v.1, p.642-645.

CENTURION, J.F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, v. 10, p. 57-61, 1982.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Adição de matéria seca da parte aérea e nutrientes através da utilização de plantas para cobertura em culturas perenes e seus efeitos sobre a reação do solo. **Brasilian Archives of Biology and Technology**, v. 40, n. 1, p. 47-55, 1997.

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

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa-Serviço de Produção de Informação, 2006. 306 p.

FÁVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por

leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 171-177, 2000.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.325-334, 2003.

LAFEN, J.M.; ANEMIYA, A.; HINTZ, E.A. Measuring crop residues cover. **Soil and Water Conservation News**, v. 36, p. 341-343, 1981.

LE MARE, P.H.; PEREIRA, J.; GOEDERT, W.J. Effects of green manure in isotopically exchangeable phosphate in a Dark-red Latosol in Brazil. **Journal of Soil Science**, v. 38, p. 199-209, 1987.

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

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Manejo de micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do cerrado. Planaltina: Embrapa-Cerrados, 2001. 3p. (Comunicado Técnico, 42).

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

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

OLIVEIRA, F. H. T.; ARRUDA, J. A. de; SILVA, I. F. da; ALVES, J.C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 973-983, 2007.



- OLIVEIRA, F. L.; GOSCH, M.; PADOVAN, M. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição de resíduos de leguminosas em solo de várzea do Estado do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1501-1505, 2007.
- PELÁ, A.; SILVA, M. S.; COSTA, L. A. da; SILVA, C. J. DA; ZUCARELI, C.; DECARLI, L. D.; MATTER, U. F. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. *Revista Plantio Direto*, v.53, n.1, p.26-33, 1999.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M.; CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n.1, p. 35-40, 2004.
- RODRIGUES, G.B. **Aspectos produtivos e sanitários de sementes de feijoeiro em função do uso de diferentes coberturas de solo no sistema de plantio direto**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.
- SALTON, J. G.; PITOL, C.; ERBES, E. Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul. Maracaju: Fundação MS pra Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1993. 6 p. (Informativo técnico, 1).
- SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (15N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, 2006.
- SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas em sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 327-334, 2004.
- TISDALL, J. A.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, n. 1, p. 141-163, 1982.
- TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1. p. 107-113, 2006.
- WUTKE E.B.; TRANI P.E.; AMBROSIANO E.J; DRUGOWICH MI. Adubação verde no Estado de São Paulo. Campinas: CATI, 2009. (Boletim Técnico, n. 249).