

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

“COBERTURAS VEGETAIS E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO DESENVOLVIMENTO  
E PRODUTIVIDADE DO FEJÓEIRO CULTIVADO NO PERÍODO DE INVERNO EM  
SISTEMA PLANTIO DIRETO”

**MARIANA PINA DA SILVA**

**Orientador:** Prof. Dr. Orivaldo Arf

Ilha Solteira – SP  
fevereiro/2012

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

“COBERTURAS VEGETAIS E ADUBAÇÃO FOSFATADA NO DESENVOLVIMENTO  
E PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO CULTIVADO NO PERÍODO DE INVERNO EM  
SISTEMA PLANTIO DIRETO”

**MARIANA PINA DA SILVA**

**Orientador:** Prof. Dr. Orivaldo Arf

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  
fevereiro/2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

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

S586c Silva, Mariana Pina da.  
Coberturas vegetais e adubação fosfatada no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro cultivado no período de inverno em sistema plantio direto / Mariana Pina da Silva. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2012  
93 f. : il.

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

Orientador: Orivaldo Arf  
Inclui bibliografia

1. Feijão comum. 2. Milheto. 3. Crotalária. 4. Guandu. 5. Mucuna preta.  
6. Adubação. 7. Semeadura.

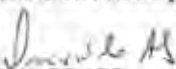
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

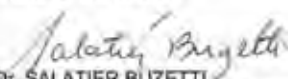
**TÍTULO:** Coberturas vegetais e adubação fosfatada no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro cultivado no período de inverno em sistema plantio direto

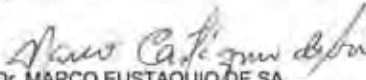
**AUTORA:** MARIANA PINA DA SILVA

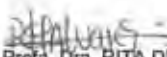
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. ORIVALDO ARF

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

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

  
Prof. Dra. RITA DE CASSIA FELIX ALVAREZ  
Departamento de Agronomia / Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

  
Prof. Dr. FLAVIO FERREIRA DA SILVA BINOTTI  
UEMS - Unidade Cassilândia / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Data da realização: 29 de fevereiro de 2012.

## **DEDICO**

Aos meus pais EDSON e ERAIDES, exemplos de honestidade e dignidade, pelo sacrifício, amor e dedicação durante toda minha vida.

À minha irmã ANA MARIA pela ajuda direta e indireta em todos os aspectos da minha vida.

Ao meu noivo CHRISTIAN, pelo amor, apoio e compreensão em todos os momentos.

## **OFEREÇO**

Em memória dos meus avós paternos Manoel Alves da Silva e Elisia Alves da Silva e maternos Maria Senhorinha Pina e Germinio de Almeida Pina que sempre quiseram ver esta conquista, porém não tiveram tempo, mas com certeza estão vendo lá de cima.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele nada seria possível.

Ao professor Dr. Orivaldo Arf pela orientação, amizade, respeito, ensinamentos e auxílio na concretização do trabalho.

À Capes pelo apoio financeiro, concedido através da bolsa de pesquisa.

À Fabiana Lima Abrantes, Lilian Christian Domingues de Souza, Helena Massumi Simidu, Tatiane de Oliveira Perreira e Natália Arruda pela amizade, auxílio no trabalho e companheirismo e como “minhas irmãs” de coração.

A Selma Bozitte de Moraes, Alvino, Simone e Alexandre Marques pela amizade e auxílio no trabalho.

Ao professor Dr. Marco Eustaquio de Sá, pela amizade, ensinamentos a que tenho profundo carinho.

A todas as pessoas que participaram para a concretização do trabalho, e aos que me auxiliaram em ensinamentos, paciência, dedicação e amizade.

A todos os funcionários da Fazenda que me ajudaram no trabalho de campo do meu experimento, o Alvino, Tejinho, Odorico, Manuel (baiano), Tião Carreiro, Carlinhos, Gilberto, Carlão, Joãozinho, Tião (Bili), Jaú, Buchada, Paixão, Juliano e Cesar.

Aos técnicos de laboratório Alexandre, Selma e Simone.

Aos professores participantes da banca examinadora, pela colaboração nas sugestões e correções da tese.

A todos os professores do curso de agronomia pelos ensinamentos, aos funcionários da biblioteca, da secretária do departamento de Fitotecnia e colegas do curso de pós-graduação.

Aos funcionários da seção de pós-graduação Marcinha, Rafael, Graciela, Onilda, Adelaide e Ailton.

A todos que diretamente e indiretamente contribuíram na conclusão do meu trabalho meu profundo agradecimento!!

## RESUMO

A utilização de resíduos vegetais no solo é uma prática cultural antiga. No entanto, com o passar dos anos, em função da utilização de fertilizantes químicos, esta prática foi perdendo interesse, porém recentemente tem despertado novamente a atenção por parte dos produtores e pesquisadores. O trabalho teve como objetivo analisar o crescimento, produtividade e qualidade fisiológica do feijoeiro de inverno irrigado cultivado após diferentes plantas de cobertura, bem como as possíveis interações dessa prática com diferentes doses de  $P_2O_5$  em semeadura, e a influência das plantas de cobertura sobre as características químicas e físicas do solo. A pesquisa foi conduzida no período de inverno de 2010 e 2011, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, localizada no Município de Selvíria/MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições. Constituídos pela combinação de plantas de cobertura (milheto, *Crotalaria juncea*, mucuna-preta, guandu, milheto + *Crotalaria juncea*, milheto + guandu e milheto + mucuna-preta), além de ser também utilizada uma área em pousio, e níveis  $P_2O_5$  em semeadura, constituídos por ausência de adubação fosfatada e doses de  $P_2O_5$  (60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados: porcentagem de recobrimento, produção e teor de nutrientes na matéria seca das culturas de cobertura; teor de nutrientes nas folhas de feijoeiro; matéria seca das plantas; componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica das sementes. Foram realizadas avaliações físicas e químicas do solo. De acordo com os resultados, pode se concluir que: o uso de palhada de *Crotalaria juncea*, milheto + *Crotalaria juncea* e milheto + mucuna-preta proporcionaram melhores condições para a produção do feijoeiro com economia na aplicação de fósforo em sistema de plantio direto, as espécies utilizadas como cobertura ocasionaram alterações nas propriedades químicas do solo, os maiores valores de macroporosidade e os menores de densidade do solo ocorrem na camada de 0-0,2 m e apesar dos tratamentos avaliados terem influenciados a qualidade fisiológica das sementes de feijão, as sementes apresentaram boa germinação e alto vigor, acima de 80% em todos os testes realizados.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L. *Pennisetum americanum* L. *Crotalaria juncea*, L. *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr. Adubação de semeadura.

## ABSTRACT

The use of plant residues in soil is an ancient cultural practice. However, over the years, depending on the use of chemical fertilizers, this practice was losing interest, but recently has attracted renewed attention from producers and researchers. The study aimed to analyze the growth, yield and physiological quality of irrigated winter common bean cultivated after different cover crops, as well as possible interactions of practice with different doses of  $P_2O_5$  at sowing, and the influence of cover crops on the chemical characteristics and physical soil. The survey was conducted during winter 2010 and 2011, at the Unesp experimental farm, Ilha Solteira campus, in Selviria, Mato Grosso do Sul state, Brazil. The experimental design was a randomized block in split plot with four replications. Constituted by the combination of cover crops (millet, sunn hemp, velvet bean, pigeon pea, pearl millet + sunn hemp, pearl millet + millet + pigeon pea and velvet bean), and is also used in a fallow field, and  $P_2O_5$  levels in seeding consisting of the absence of phosphate and levels of  $P_2O_5$  (60, 90 and 120 kg  $ha^{-1}$ ). Were evaluated: percentage of coverage, production and nutrient content in dry matter of cover crops, nutrient content in bean leaves, plant dry matter, yield components, yield and physiological quality of seeds. Evaluations were carried out physical and chemical soil in relation to the use of cover crops. According to the results, it can be concluded that the use of straw sunn hemp, consortia millet + sunn hemp and millet + black velvet bean provided better conditions for the production of beans and economy in the application of phosphorus in no-tillage system, the species used as cover caused changes in soil chemical properties, the highest values of macroporosity and lower bulk density occurring in layer 0-0,20 despite treatments have influenced the physiological quality of seeds of common beans, seeds showed good germination and high vigor, above 80% in all tests.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L. *Pennisetum americanum* L. *Crotalaria juncea*, L. *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr. Doses of phosphorus.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C), coletados durante a condução do experimento. Selvíria – MS, 2010 e 2011. .... 25
- Figura 2** - Esquema de campo de um bloco experimental ..... 29

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Características químicas do solo avaliadas de 0 - 0,20 m de profundidade, antes da instalação do experimento. Selvíria- MS, 2009..... 26
- Tabela 2** - Plantas identificadas nas áreas sob pousio ..... 27
- Tabela 3** - Produtividade de matéria seca pelas plantas de cobertura. Selvíria/MS, 2010 e 2011 ..... 34
- Tabela 4** - Valores médios referentes à porcentagem de recobrimento do solo pelas plantas de cobertura. Selvíria/MS, 2010 e 2011 ..... 37
- Tabela 5** - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas de cobertura, por ocasião do corte e adição das palhadas na superfície do solo. Selvíria/MS, 2010 e 2011 ..... 39
- Tabela 6** - Teores de nutrientes na fitomassa seca da parte aérea da *Crotalaria juncea*, milho, guandu, mucuna – preta, vegetação espontânea (pousio), dos consórcios milho + guandu, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna + preta. Selvíria/MS, 2010 e 2011 ..... 40
- Tabela 7** - Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Selvíria/MS, 2010 e 2011. .... 44
- Tabela 8** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x profundidade de amostragem para densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ). Selvíria/MS, 2010..... 45
- Tabela 9** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x profundidade de amostragem para macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Selvíria/MS, 2010..... 46
- Tabela 10** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x profundidade de amostragem para porosidade total ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Selvíria/MS, 2010..... 47
- Tabela 11** - Valores médios de pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K) cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), em função da planta de cobertura, antes da instalação da cultura do feijoeiro no município de

	Selvíria /MS, na profundidade de 0,0 -0,20 m, no segundo ano de cultivo (2011) .....	49
<b>Tabela 12</b>	- Atributos químicos do solo em função da planta de cobertura e profundidade de amostragem, após 2 anos de cultivo do feijoeiro no município de Selvíria /MS, nas profundidades de 0,0 -0,60 m, no segundo ano de cultivo (2011).....	52
<b>Tabela 13</b>	- Valores médios e valores de F para massa da matéria seca e teor de fósforo nas folhas de feijoeiro, em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na sementeira. Selvíria/MS, 2010 e 2011 .....	56
<b>Tabela 14</b>	- Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para massa da matéria seca ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de plantas de feijoeiro Selvíria/MS, 2010 .....	57
<b>Tabela 15</b>	- Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para massa da matéria seca ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de plantas de feijoeiro Selvíria/MS, 2011.....	57
<b>Tabela 16</b>	- Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para teor de fósforo foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de plantas de feijoeiro Selvíria/MS, 2011.....	59
<b>Tabela 17</b>	- Teor foliar de macronutrientes nas folhas de feijoeiro em função das coberturas vegetais na dose de $60 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5$ em sementeira. Selviria/MS, 2010 e 2011 .....	62
<b>Tabela 18</b>	- Valores médios e valores de F para número de vagens $\text{planta}^{-1}$ , número de grãos $\text{planta}^{-1}$ e número de grãos $\text{vagem}^{-1}$ do feijoeiro em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na sementeira. Selvíria/MS, 2010 e 2011 .....	63
<b>Tabela 19</b>	- Valores médios e valores de F para massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na sementeira. Selvíria/MS, 2010 e 2011 .....	65
<b>Tabela 20</b>	- Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para massa de 100 sementes (g) de feijoeiro. Selvíria/MS, 2010.....	66
<b>Tabela 21</b>	- Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para a produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de feijoeiro. Selvíria/MS, 2010.....	67

<b>Tabela 22</b> - Médias e valores de F obtidos para avaliações de teste de germinação e emergência de plântulas em campo do feijoeiro cultivado sobre diferentes plantas de cobertura e doses de fósforo em semeadura na região de Selvíria/MS, 2010 e 2011. ....	69
<b>Tabela 23</b> - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais no teste de germinação de plantas de feijoeiro. Selviria/MS 2010 .....	70
<b>Tabela 24</b> - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais no teste de germinação de plantas de feijoeiro. Selviria/MS 2011 .....	71
<b>Tabela 25</b> - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais pelo teste de emergência em solo de plantas de feijoeiro. Selviria/MS 2010 .....	72
<b>Tabela 26</b> - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais pelo teste de emergência em solo de plantas de feijoeiro. Selviria/MS 2011 .....	73

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	15
2.2	PLANTAS DE COBERTURA.....	17
2.3	FÓSFORO.....	21
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DO TRABALHO DE PESQUISA E CARACTERÍSTICAS DO LOCAL.....	24
3.2	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	26
<b>3.2.1</b>	<b>Plantas de Cobertura.....</b>	<b>26</b>
3.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	29
3.4	AVALIAÇÕES REALIZADAS.....	29
<b>3.4.1</b>	<b>Plantas de cobertura.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Cultura do feijão.....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>PLANTAS DE COBERTURA.....</b>	<b>34</b>
4.2	FÍSICA DO SOLO.....	43
4.3	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO FEIJOEIRO.....	48
4.4	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS 2 ANOS DE CULTIVO DO FEIJOEIRO.....	50
4.5	CULTURA DO FEIJÃO.....	55
4.6	QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES.....	68
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>76</b>

<b>ANEXO A -</b>	Aspecto da área com as plantas de cobertura.....	87
<b>ANEXO B -</b>	Emergência dos consórcios de milho + mucuna-preta (esquerda) e de milho + crotalaria (direita).....	87
<b>ANEXO C -</b>	Emergência do consórcio de milho + guandu.....	88
<b>ANEXO D -</b>	Emergência de crotalaria (esquerda) e de mucuna- preta solteira (direita).....	88
<b>ANEXO E -</b>	Emergência de milho (esquerda) e de guandu solteiro (direita)....	89
<b>ANEXO F -</b>	Aspecto geral do milho (à esquerda) e crotalaria (à esquerda) após 40 dias de semeadura.....	89
<b>ANEXO G -</b>	Aspecto geral do guandu (à esquerda) e da mucuna- preta (à esquerda) após 40 dias de semeadura.....	90
<b>ANEXO H -</b>	Aspecto geral da área sobre pousio.....	90
<b>ANEXO I -</b>	Aspecto geral dos consórcios milho +guandu (à esquerda) e milho + crotalaria (à esquerda) após 40 dias de semeadura.....	91
<b>ANEXO J -</b>	Aspecto geral do consórcio milho + mucuna - preta após 40 dias de semeadura.....	91
<b>ANEXO K -</b>	Área antes da semeadura do feijão.....	92
<b>ANEXO L -</b>	Emergência de plântulas de feijão.....	92
<b>ANEXO M -</b>	Área de feijão sobre plantas de cobertura.....	93
<b>ANEXO N -</b>	Cultura do feijão em desenvolvimento.....	93

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto é uma das inovações tecnológicas usadas com objetivo de aumento da produtividade e sustentabilidade agrícola, sendo uma prática muito promissora na cultura do feijão, especialmente utilizando resíduos de plantas para cobertura do solo para manter a umidade e diminuir o risco de déficit hídrico, pois o sistema radicular do feijoeiro é muito superficial. Outra vantagem é a redução da temperatura do solo, bem como a proteção da palhada contra os raios solares, ou seja, o sistema plantio direto reduz o efeito drástico das condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura.

A espécie de cobertura vegetal a ser utilizada tem sido motivo de estudo, pois, para se manter a palhada como cobertura até o desenvolvimento da cultura sucessora, no caso o feijão em condições de alta temperatura e alta pluviosidade, é um dos fatores limitantes para a permanência da palhada dependendo da espécie. Segundo Oliveira et al. (2002), o rendimento do feijoeiro não é influenciado pela sua forma de cultivo, mas devido à espécie produtora de palhada no sistema plantio direto.

As espécies vegetais são fundamentais na solubilização do P, principalmente o P não-lábil, pois existem espécies que possuem capacidade de solubilizá-lo mediante a exsudação de suas raízes, a qual contém ácidos orgânicos, e estes, por sua vez, agem na dissolução do colóide, alimentando o P na solução do solo (CHIEN; MENON, 1995). No sistema plantio direto, ocorre o aumento de matéria orgânica nos horizontes superficiais, em decorrência da deposição de palhada, decrescendo com a profundidade. Um dos principais fatores que influem na adsorção de P é o teor de matéria orgânica (GONÇALVES et al., 1985), a qual interage com os óxidos de Al e Fe resultando em redução dos sítios de fixação, por causa do recobrimento da superfície desses óxidos por moléculas de ácidos húmicos, acético e málico, ou pela formação de compostos na solução do solo. Ocorre, assim, uma tendência de menor fixação e, portanto, maior aproveitamento pela planta do P.

O fósforo é o nutriente mais deficiente na maioria dos solos brasileiros, tanto nos de cerrado como em várzeas, onde sua aplicação como fertilizante é fator indispensável para a obtenção de produtividades compensadoras de feijão (FAGERIA et al., 1996).

Nos últimos anos, tem aumentado o número de trabalhos envolvendo o uso de plantas de cobertura em consórcio, com o objetivo de avaliar o potencial desta estratégia de cultivo em aumentar a produção de fitomassa e favorecer o fornecimento de nutrientes às culturas em sucessão. Esta prática também deverá ter reflexos sobre a ciclagem de P e K em sistemas agrícolas com o uso de plantas de cobertura de solo de sistema radicular ramificado e

profundo, uma vez que trazem às camadas superficiais do solo nutrientes perdidos por lixiviação, principalmente potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e nitrato ( $\text{NO}_3$ ), funcionando também como "agente minerador" dos nutrientes de pouca disponibilidade como o fósforo (P) e o molibdênio (Mo), tornando-os mais disponíveis às culturas subseqüentes, principalmente em sistema plantio direto.

O presente trabalho teve como objetivo verificar o crescimento, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro de inverno irrigado cultivado após diferentes plantas de cobertura, bem como as possíveis interações dessa prática com diferentes doses de fósforo em semeadura, e a influência das plantas de coberturas sobre as características químicas e físicas do solo.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O sistema plantio direto, sistema conservacionista de manejo, que mantém os resíduos culturais na superfície do solo, constitui uma importante técnica para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas. A eficácia do sistema plantio direto está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura e com a persistência destes sobre o solo (GONÇALVES; CERETTA, 1999). O sistema plantio direto possui alguns benefícios, dentre eles: a elevação dos teores de N total (SOUZA; MELLO, 2000), o acúmulo de P (MUZILLI, 1981) e o aumento da disponibilidade de P, K, Ca e Mg (CALEGARI et al., 1992) superficialmente no solo.

De acordo com Bonamigo (1993), nas regiões de cerrado, deve-se adotar um manejo que consiga proteger o solo, reter e armazenar sem grandes perdas a água das chuvas, e que seja aplicável naturalmente nas condições existentes, do modo mais simples e menos oneroso. No sistema plantio direto, a palha da superfície protege o solo do impacto das gotas da chuva, e minimiza perdas de água por evapotranspiração. Daí seu grande sucesso, pois de acordo com Wutke et al. (1993), devido a pouca movimentação do solo e a grande quantidade de resíduos deixados em sua superfície o sistema plantio direto diminui significativamente as perdas de terra por erosão.

Muzilli (1985), conceituou o sistema de plantio direto como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para se obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com a terra, sendo o controle das plantas daninhas geralmente feito através de métodos químicos combinados ou não com práticas mecânicas e culturais específicas. Nesse sistema a semeadura deve ser realizada em solo coberto por uma camada de restos de culturas anteriores, envolvendo um conjunto de operações e medidas que dependem não apenas de avanços tecnológicos, mas, sobretudo, da conscientização e capacitação dos agricultores (BALBINO et al., 1996).

As primeiras pesquisas nacionais com o cultivo do feijoeiro no sistema de plantio direto foram realizadas pelo IAPAR. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade da inclusão desta cultura no sistema de rotação de culturas em sistema plantio direto (BALBINO

et al., 1996). Deve-se ter, entretanto cuidado com as plantas que serão usadas no sistema de rotação de culturas, pois essas plantas podem liberar substâncias químicas que inibem a germinação das sementes do feijoeiro. Almeida e Rodrigues (1995), constataram que ocorreu inibição na germinação do feijão, quando cultivado sobre palhada de nabo forrageiro e tremoço, e no desenvolvimento vegetativo e radicular quando semeado depois de trigo, aveia, centeio, tremoço e nabo forrageiro.

Então, deve-se atentar na escolha da cobertura vegetal do solo, quer como adubo verde ou cobertura morta. Tal escolha deve ser feita no sentido de obter grande produção de matéria seca, onde várias são as espécies que podem ser usadas para melhorar o teor de matéria orgânica no solo (BALBINO et al., 1996).

A escolha da espécie que será semeada em sucessão é também determinante no sucesso do sistema plantio direto (ARGENTA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002). Segundo Ceretta et al. (2002), o sucesso do sistema plantio direto depende da manutenção de sistemas 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.

No sistema plantio direto, 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 sistema plantio direto propicia a antecipação da semeadura por dispensar o tempo gasto no preparo do solo. Conforme Alvarenga et al. (2001), 6 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo.

As principais fontes de palha para o sistema plantio direto são as gramíneas, como o milho, sorgo granífero e forrageiro, milheto, aveia preta, aveia branca, arroz, trigo, centeio, triticale e as braquiárias (PAES; RESENDE, 2001). A melhor performance apresentada pelas gramíneas, em relação às leguminosas, está ligada, entre outros aspectos, ao desenvolvimento inicial mais rápido, o que se associa a uma melhor adaptação às condições edafoclimáticas adversas (GOMES et al., 1997).

A espécie de cobertura vegetal, no entanto a ser utilizada tem sido motivo de estudos. A fim de manter a palhada como cobertura até o desenvolvimento da cultura sucessora, no caso o feijão, em condições de alta temperatura e alta pluviosidade, é um dos fatores limitantes para a permanência da palhada, dependendo da espécie a ser utilizada. Por essa

razão, resíduos de maior relação C/N (carbono/nitrogênio) como cobertura deverão ser mais utilizados em plantio direto, pois quanto maior essa relação, mais lenta é a decomposição dos resíduos (CALEGARI et al., 1993).

O período de proteção do solo também depende das características da palha, principalmente da relação C/N do tecido. Palhas com reduzida relação C/N, como, por exemplo, de ervilhaca e nabo forrageiro, tendem a se decompor rapidamente, deixando o solo desprotegido. De outro modo, palhas com elevada relação C/N, como aveia e milho, decompõem-se mais lentamente, porém fornecem baixa quantidade de nitrogênio à cultura sucessora (BORKERT et al., 2003). Nesse sentido, consórcios entre espécies de gramíneas e leguminosas podem produzir elevada quantidade de palha e, ao mesmo tempo, fornecer elevada quantidade de nitrogênio às culturas sucessoras (HEINRICHS; FANCELLI, 1999).

Segundo Alvarenga et al. (2001), a taxa de decomposição dos materiais de cobertura depende da natureza do material vegetal, do volume de palha produzido, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura (incorporada ou superfície) e das condições climáticas representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura.

Em experimento realizado em Selvíria – MS, Carvalho et al. (1999), avaliando a cultura do feijão de inverno em sucessão a milho, soja e algodão, em sistema plantio direto e convencional concluíram que o sistema plantio direto foi bem superior ao convencional, passando de uma produtividade de 1.990 kg ha<sup>-1</sup> (convencional) para 2.337 kg ha<sup>-1</sup> no sistema plantio direto, representando um acréscimo de 17,5%.

## 2.2 PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura são cultivadas visando proteção do solo contra erosão e perda de nutrientes. Manter a superfície do solo permanentemente coberta por materiais vegetais em fase vegetativa ou como resíduo é, efetivamente, o manejo mais recomendado para a proteção e conservação do solo (ALVARENGA et al., 1995). O uso das plantas de cobertura nas estratégias de manejo de resíduos oferece benefícios freqüentemente atribuídos aos adubos verdes (BRUCE et al., 1991, citados por REEVES, 1994).

Em sistemas de manejo de resíduos, uma planta de cobertura deve satisfazer certas exigências: ser fácil de estabelecer; ter rápida taxa de crescimento bem como fornecer cobertura ao solo rapidamente; produzir quantidade suficiente de matéria seca para manutenção de resíduos; ser resistente a doenças e não atuar como hospedeira de doenças da cultura econômica; fácil de exterminar e ser economicamente viável (REEVES, 1994).

As práticas vegetativas, como as que envolvem a cobertura vegetal do solo, além de simples, auxiliam no controle da erosão e, na maioria dos casos, melhoram a disponibilidade de nutrientes para a cultura subsequente (ANDREOLA et al., 2000).

No cerrado, com a introdução do milho e do sorgo como culturas de cobertura, houve um incremento significativo da expansão do sistema plantio direto na palha. Essas culturas proporcionam uma palhada mais duradoura na superfície do solo e, através de um sistema radicular mais agressivo, podem explorar amplo perfil do solo, extraíndo e reciclando grandes quantidades de nutrientes não absorvidos pelas culturas principais, cultivadas no verão (ALTMANN, 2001).

As leguminosas desempenham um papel fundamental como fornecedoras de nutrientes, quando o sistema plantio direto está estabilizado, uma vez que as plantas dessa família têm a vantagem de prontamente disponibilizar nutrientes para culturas sucessoras, em virtude da rápida decomposição dos seus resíduos. Segundo Floss (2000), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada superficial. São exemplos os aumentos significativos dos teores de P e K nas camadas superficiais do solo no sistema plantio direto. As espécies de plantas de cobertura do solo proporcionam efeito residual variável. Desse modo, sugere-se o uso de plantas com maior potencialidade para o aumento da produtividade das culturas de grande valor econômico em sucessão (MONEGAT, 1991).

A escolha de espécies vegetais para introdução nos sistemas de culturas depende da adaptação delas às condições de clima de cada região e do interesse do produtor (SILVA e ROSOLEM, 2001). Segundo Alvarenga et al. (2001) e Chaves e Calegari (2001) as espécies escolhidas devem crescer bem em condições de baixa a média fertilidade do solo, e devem ter capacidade de adaptação a baixos valores de pH do solo (ERNANI et al., 2001). A produção de matéria seca das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (AMADO et al., 2002) e principalmente do seu sistema radicular. Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produção de matéria seca, além de promover a descompactação do solo.

Na adubação verde, a utilização de diferentes plantas de cobertura tem sido mais realizada com leguminosas, por apresentarem em geral sistema radicular profundo e ramificado, com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, embora possuam baixa relação C/N. Estas características possibilitam as leguminosas à extração de elementos menos solúveis e a mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo, tornando-os

disponíveis às culturas subseqüentes, após sua decomposição (FRANCO; SOUTO, 1984; INFORZATO, 1947; MIYASAKA, 1983).

O clima dos cerrados, com seis meses de chuva e muito calor na primavera/verão e seis meses de estiagem no outono/inverno, torna difícil a produção e manutenção de altas quantidades de palha sobre a superfície do solo, que fica restrita aos cultivos em safrinha, quando as últimas chuvas do mês de março permitem a produção de grande quantidade de matéria seca, ou no início da primavera, aproveitando as primeiras chuvas. Essas condições do verão restringem o uso de leguminosas para a produção de palha, devido a sua rápida decomposição, tornando a utilização de consórcios entre gramíneas e leguminosas uma opção a ser estudada (TEIXEIRA et al., 2005).

Segundo Giacomini et al. (2003), além de proteger o solo e adicionar nitrogênio, o consórcio entre espécies gramíneas e leguminosas produz matéria seca com relação C/N intermediária àquela das espécies em cultivos isolados, o que leva à menor taxa de decomposição em relação aos resíduos de leguminosas, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de nutrientes pelas culturas comerciais.

Atualmente, entre as diversas leguminosas promissoras para adubação verde na região dos cerrados, destacam-se: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), guandu (*Cajanus cajan*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria paulinea* e *Crotalaria spectabilis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (AMABILE et al., 2000).

As leguminosas como o guandu, mucuna, crotalária, feijão de porco e estilosantes possibilitam o desenvolvimento de bactérias (rizóbios) em suas raízes, que têm o poder de retirar o nitrogênio da atmosfera e fixá-lo no solo, tornando-o disponível para a próxima cultura. Essa fixação para as mucunas chega a 157 kg N ha<sup>-1</sup>, a *Crotalaria juncea* até 155 kg N ha<sup>-1</sup> e o guandu até 280 kg N ha<sup>-1</sup>. Outro benefício é o fornecimento da disponibilidade de fósforo no solo, que nos cerrados constitui-se numa das principais limitações no que se refere à fertilidade (FURTINI NETO et al., 1999).

A associação de espécies de leguminosas, é uma alternativa viável que além da capacidade já conhecida dessas plantas em fixar nitrogênio, também são capazes de solubilizar e absorver o P de fonte pouco solúvel, resultando tanto em economia para agricultores com baixo capital de investimento como também possibilitando melhoria da fertilidade do solo. O processo de fixação biológica de nitrogênio requer altas quantidades de fósforo, conseqüentemente, a adubação fosfatada representa uma estratégia para favorecer o

acúmulo de nitrogênio e o crescimento de leguminosas nos solos onde o fósforo disponível é escasso (ESPINDOLA et al., 2005).

A cultura do milho tem se expandido de forma acelerada nos solos de cerrados, apresentando-se como ótima opção de cobertura morta na semeadura direta, por apresentar alta resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade e elevada capacidade de produção de matéria seca (SALTON e KICHEL, 1998). Guimarães (2003), relatou produção de matéria seca do milho cultivado em Selvíria-MS, superior a 7,0 t ha<sup>-1</sup>. Semeando milho em várias épocas, em Planaltina-DF, Uemura et al. (1997), também comprovaram o grande potencial desta gramínea como alternativa de cobertura do solo, obtendo-se produção de matéria seca superior a 13 t ha<sup>-1</sup>.

As plantas de guandu mostraram-se mais eficientes no aproveitamento do fósforo ligado ao Fe que outros gêneros estudados (AE et al., 1990). Os autores atribuíram o resultado à exsudação de substâncias orgânicas pelas raízes daquelas plantas, particularmente de ácido piscídico que teria ação de liberar o fósforo. Como o guandu é geralmente cultivado em consorciação ou rotação de culturas, seu cultivo em solo pobre em fósforo poderia elevar a sua disponibilidade e assim beneficiar as demais culturas em sucessão ou rotação.

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 (LE MARE et al., 1987).

*Crotalaria juncea* apresenta elevada capacidade para fixar N, 150 a 165 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (CALEGARI, 1995), além de ser eficiente na absorção e no acúmulo de nutrientes. Em solos do Cerrado, a absorção de nutrientes, varia em função da época de semeadura.

Por meio do consórcio de leguminosas e gramíneas com elevada produção de matéria seca, podem-se conciliar proteção e adubação do solo. Dentre as espécies passíveis de serem consorciadas, Alcântara e Bufarah (1988), citam que milho e sorgo podem ser consorciados com leguminosas, como kudzu-tropical, lab-lab, caupi ou mucuna, e Calegari (1995), recomenda o feijão-de-porco e a mucuna-preta em consórcio com a cultura do milho.

Goes e Oliveira (1996), em um experimento que avaliou quatro espécies vegetais de adubo verde na melhoria do solo, concluíram que das quatro espécies estudadas a mucuna-preta e a crotalária (*C. juncea* L.) propiciaram produção de matéria seca e cobertura do solo estatisticamente superior aos das outras duas espécies (feijão-de-porco e nabo forrageiro).

Segundo Wutke et al. (1998), existe uma tendência de obtenção de resultados benéficos da adubação verde, especialmente da mucuna-preta, sobre a produtividade do feijoeiro e também do milho como sua cultura antecessora. Da mesma forma Arf et al. (1999),

constatarem os benefícios da mucuna-preta sobre a cultura em questão, pois o tratamento com incorporação de mucuna-preta produziu praticamente o dobro de grãos de feijão em relação ao tratamento com incorporação de palhada de milho.

Experimentos realizados por Silva et al. (2003), mostraram que a crotalária e a mucuna - preta proporcionam melhor cobertura do solo, quando comparadas a arroz, milho, milho, soja e milho + mucuna. As diferentes coberturas vegetais não influenciaram a produtividade do feijoeiro cultivado no período de inverno. Garcia et al. (2003), verificaram a influência de plantas de cobertura sobre os componentes de produção da cultura do feijoeiro de inverno. As produtividades de grãos variaram em razão da cultura precedente.

Trabalhando com milho, sorgo, milho, mucuna preta e feijão de porco, bem como o consórcio entre as gramíneas e leguminosas citadas, Oliveira et al (2002), verificaram que a produtividade de grãos do feijoeiro em sistema plantio direto foi influenciada pelas diferentes palhadas das plantas de cobertura, sendo mais afetado pelas espécies produtoras, que pela sua forma de cultivo. Os autores ainda observaram que as plantas de cobertura não afetaram o estande final de plantas, número de vagens por planta e grãos por vagem. No entanto, diferiram quanto a massa de 100 grãos, que apresentou maiores valores, quando cultivado após milho e feijão de porco.

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como a espécie utilizada, o manejo dado à matéria seca, a época de semeadura e o corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre estes fatores (ALCÂNTARA et al., 2000). Os mesmos autores, num experimento realizado no Estado de Minas Gerais, observaram que em todas as profundidades estudadas (0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,40 m; 0,40-0,60 m e 0,60-0,80 m) o teor de K foi superior no solo sob guandu, seguido pelo solo sob crotalária, destacando-se, nos primeiros cinco centímetros, um teor aproximadamente 360% maior desse nutriente, no primeiro em comparação com o último.

### 2.3 FÓSFORO

Segundo Novais e Smyth (1999), as maiores limitações na produção agrícola, em solos ácidos de regiões tropicais e subtropicais, são a baixa disponibilidade de fósforo no solo. De acordo com Rajj (1991), a utilização adequada de adubos fosfatados requer conhecimentos da dinâmica do fósforo e de suas interações com o solo, bem como a determinação do teor disponível do elemento, objetivando diagnosticar as deficiências nutricionais das plantas e,

conseqüentemente, indicar as práticas necessárias para corrigi-las, visando o máximo rendimento agrícola.

Segundo Malavolta (1994), o fósforo é um importante componente estrutural, tendo como função o armazenamento e transferência de energia. O P é um nutriente essencial para o crescimento e para a produção das plantas, cujas funções não podem ser executadas por qualquer outro nutriente. Dos macronutrientes essenciais às plantas, o fósforo é o elemento que limita mais freqüentemente a produção das culturas na região dos cerrados. Isso, por apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos dessa região. Apesar de ser exigido em pequenas quantidades pela maioria das culturas, têm se aplicado quantidades elevadas de fósforo para suprir as necessidades dos cultivos (CARVALHO et al., 1995).

Plantas de feijoeiro deficientes em fósforo perdem o vigor, chegam à maturidade lentamente e podem produzir grãos pequenos. As plantas se tornam raquíticas, com porte pequeno e apresentam redução do número e do tamanho dos ramos, com a formação de poucas folhas. Há redução do número de vagens, diminuindo a produção (OLIVEIRA et al., 1996).

O baixo teor de fósforo disponível no solo é a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola nos trópicos, sendo que, de acordo com Arf (1994), é o nutriente que mais influi na produtividade do feijoeiro na maioria dos solos brasileiros, no entanto, é baixa a eficiência da adubação fosfatada, pois grande parte do P adicionado torna-se imóvel ou não disponível, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997). Assim, o fósforo é o nutriente mineral ao qual a produção de sementes de feijão apresenta a maior resposta na adubação (ARAUJO, 1996).

Segundo Fageria et al. (2003), a influência do P na cultura do feijão reside no aumento da produção de matéria seca da parte aérea e aumento do número de vagens e massa de grãos, principais determinantes da produtividade. Contudo, dentre os componentes da produção, o número de vagens por unidade de área é o que mais contribui para o aumento da produtividade do feijão.

As culturas anuais, como a do feijoeiro, durante seu ciclo vegetativo, são capazes de recuperar apenas uma pequena quantidade de fósforo adicionado através dos fertilizantes, usualmente menos que 25% (OLIVEIRA et al., 1987). A eficiência de aproveitamento do fósforo aplicada na semeadura é baixa, mas as mais altas taxas de absorção têm sido observadas com a aplicação localizada em faixa ou em sulco.



Rheinheimer (2000), estudou as formas de P em solos com diferentes teores de argila submetidos ao preparo convencional e ao sistema plantio direto e observou que no sistema plantio direto houve aumento de P nas camadas superficiais, principalmente nas formas inorgânicas disponíveis e moderadamente disponíveis, permitindo a manutenção de teores de P na solução do solo mais elevados do que no preparo convencional.

Ao avaliarem cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de P, Oliveira et al. (1987), verificaram que o maior retorno de produção de grãos em relação ao nível de P aplicado ficou situado na faixa entre 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Em condições de casa de vegetação, Fageria (1989), constatou máxima produtividade de sementes com aplicação de 125 a 150 mg de P kg<sup>-1</sup> de solo, dependendo da cultivar avaliada.

Em experimento avaliado no campo, Silveira e Moreira (1990), constataram aumentos no rendimento de sementes com a aplicação de doses crescentes de fósforo, com respostas variáveis de acordo com a lâmina de água aplicada. Vidal e Junqueira Netto (1982), obtiveram aumento na produtividade de grãos, no número de vagens por parcela e na massa de 100 sementes, em dois cultivares de feijão, Carioca e Jalo, em função da adubação fosfatada. Segundo Zucareli (2005), o aumento de P na planta do feijoeiro proporciona incremento no número de vagens e na massa de sementes, que são os principais determinantes na produtividade.

Parra e Miranda (1980), relataram respostas significativas e quadráticas do feijoeiro à aplicação de adubação fosfatada no Estado do Paraná. A produção máxima foi obtida com a aplicação de 125 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em solo com teor inicial de P na faixa de 2 a 5 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Afirmaram os autores que a cultura do feijoeiro tem sua maior produção numa faixa compreendida entre 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A partir desta dose, o incremento conseguido na produtividade de grãos é mínimo. De acordo com todas essas informações, estudos são necessários para o melhor aproveitamento das potencialidades e entendimento dos mecanismos que promovem alterações no solo pelo uso de cobertura vegetal e adubações, que podem auxiliar na determinação de práticas de manejo que melhorem o rendimento das culturas, evidenciando a necessidade de se ampliar os conhecimentos sobre estas práticas na cultura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

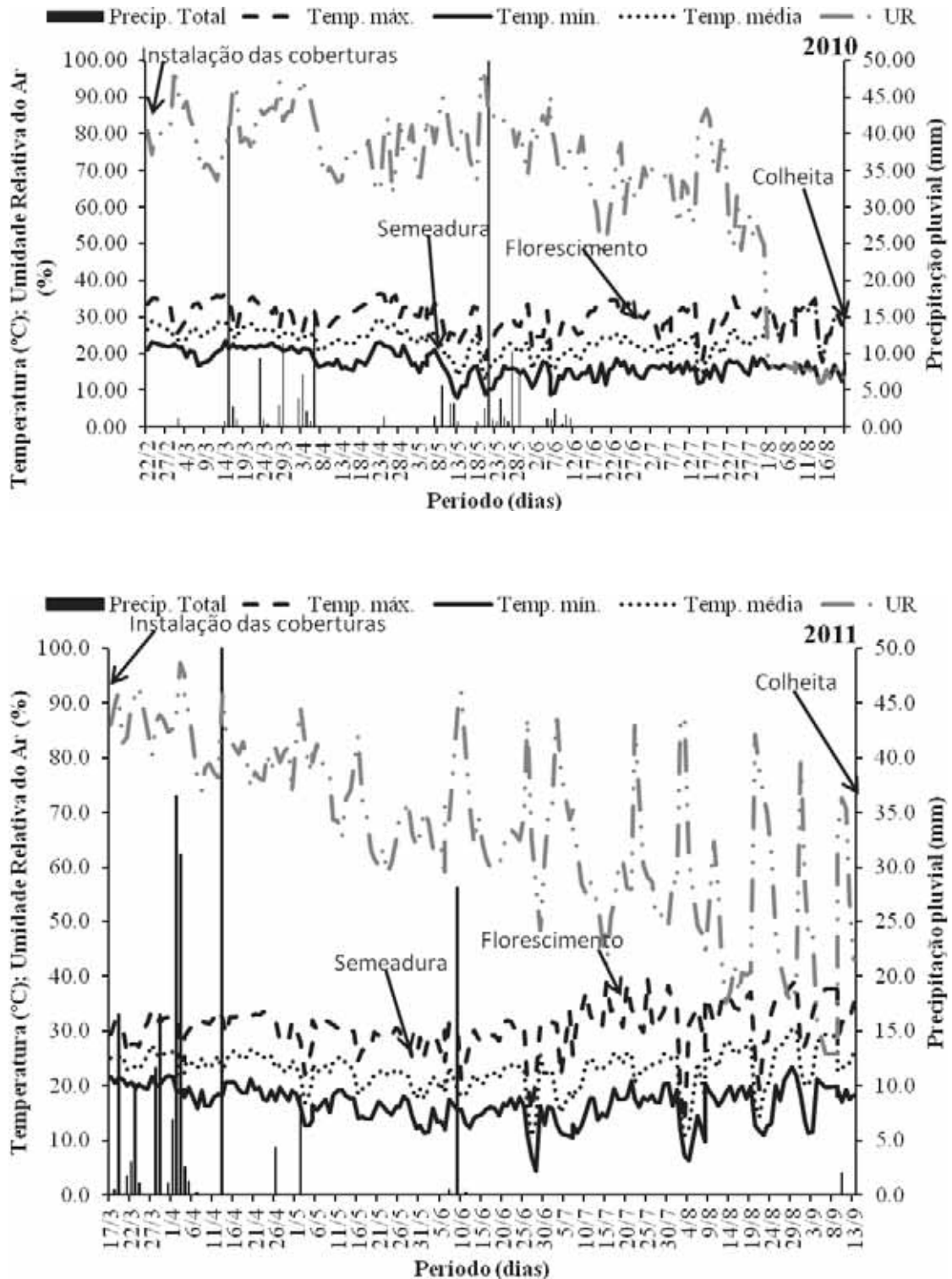
#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DO TRABALHO DE PESQUISA E CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O trabalho foi conduzido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, localizada no município de Selvíria (MS), apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' W e 20° 22' S, com altitude aproximadamente de 335 metros, durante as safras de inverno de 2010 e 2011.

As culturas de cobertura e do feijoeiro foram instaladas no ano de 2011 remontando a instalação do ano anterior, isto é, as parcelas e subparcelas foram instaladas no mesmo local.

O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2006). O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köeppen, 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 que os dados climáticos durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

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



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A área experimental vinha sendo cultivada por 10 anos no sistema plantio direto (SPD). Sendo a cultura antecessora o milho por dois anos consecutivos

### 3.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Antes da instalação do experimento foram coletadas 20 amostras simples de solo para formar uma amostra representativa da área experimental para realização das análises químicas, segundo metodologia proposta por Raij et al (2001), no laboratório de Fertilidade e Nutrição de Plantas da FE – UNESP, cujos resultados estão contidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo avaliadas de 0 - 0,20 m de profundidade, antes da instalação do experimento. Selvíria- MS, 2009.

P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							V %
			K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB		
16	16	5,0	1,7	25	14	30	1	40,7	58	

Fonte: Elaboração do próprio autor.

#### 3.2.1 Plantas de cobertura

Apesar de cada planta de cobertura ter exigência específica em nutrientes. Todas as espécies foram semeadas sem adubação básica de semeadura.

As irrigações foram realizadas por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão, sendo a vazão dos aspersores de 3,3 mm hora<sup>-1</sup>.

As semeaduras das plantas de cobertura foram realizadas em 22.02.2010 e 17.03.2011.

As plantas de cobertura instaladas antes do feijoeiro foram:

- Milheto (*Pennisetum americanum* L.)

A cultura foi semeada em espaçamento de 0,45 m entrelinhas e com aproximadamente 20 kg ha<sup>-1</sup> de sementes.

- Mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy)

A cultura foi semeada em espaçamento de 0,45 m entrelinhas e com 10 sementes por metro.

- Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.)

A cultura foi semeada em espaçamento de 0,45 m entrelinhas e com 35 sementes por metro.

- Guandu (*Cajanus cajan*)

A cultura foi semeada em espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 15 sementes por metro.

Nos cultivos consorciados em linhas alternadas (Milheto/Guandu; Milheto/Crotalaria e Milheto/Mucuna-preta), a densidade de semeadura na linha foi à mesma utilizada no cultivo “solteiro” para ambas as coberturas vegetais. As dimensões das parcelas foram de 14 x 10 m.

Na área de pousio, foi feita a identificação das plantas daninhas, sendo constatada a presença de espécies de diversas famílias (Tabela 2).

**Tabela 2** - Plantas identificadas nas áreas sob pousio.

<b>Família</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Nome comum</b>
Compositae	<i>Bidens pilosa</i>	Picão preto
Apocynaceae	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i>	leiteiro
Gramineae	<i>Panicum maximum</i>	Capim-colonião
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	Trapoeraba
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>	Apaga fogo
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Capim carrapicho
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Bedroega
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> spp.	Caruru
Compositae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho-de-carneiro
Gramineae	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Em 05.05.2010 e 25.05.2011, respectivamente para cultivos de 2010 e 2011 a vegetação foi dessecada mediante a aplicação de herbicida glyphosate (1560 g i.a. ha<sup>-1</sup>), obtendo assim os resíduos vegetais para a implantação das parcelas. Nos dias 07.05.2010 e 27.05.2011 houve o manejo mecânico das plantas de cobertura com triturador mecânico, visando a distribuição dos restos vegetais remanescentes na área de maneira uniforme.

A semeadura do feijoeiro foi realizada mecanicamente, em 12.05.2010 e 31.05.2011 em sistema plantio direto, utilizando-se o cultivar Pérola, com plantas do tipo III, de crescimento semiprostrado, que possui resistência à ferrugem e ao mosaico comum. Foi utilizado espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 15 sementes por metro. As sementes foram tratadas com carboxim + thiram (50 + 50 g do i.a. / 100 kg de sementes).

O fornecimento das doses de fósforo na forma de monoânionio fosfato (MAP) foi realizado à profundidade de 5 cm nos sulco de semeadura antes da semeadura do feijoeiro. Como o fertilizante utilizado como fonte de fósforo contém aproximadamente 48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 9%

de N, foi realizada a correção no fornecimento de N, utilizando como fonte a ureia, de maneira que todos os tratamentos recebessem na sementeira a mesma quantidade de N ( $26 \text{ kg ha}^{-1}$  de N).

A adubação básica nos sulcos de sementeira foi realizada levando-se em consideração os resultados da caracterização química do solo (camada de 0 – 0,20 m) e as recomendações de Ambrosano et al. (1996), sendo efetuado simultaneamente com a sementeira, utilizando-se  $175 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação 20-0-20.

Na implantação da cultura do feijoeiro foram fornecidos para as plantas  $61 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, sendo  $26 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aplicados juntamente com o fósforo no sulco de sementeira antes da sementeira do feijoeiro e  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  de N através da adubação básica de sementeira.

A emergência do feijoeiro se deu uniformemente 7 dias após a sementeira (19.05.2010 e 07.06.2011).

A adubação de cobertura foi realizada em 11.06.2010 e 30.06.2011 (30 DAE) utilizando-se  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e tendo como fonte a ureia (45% de N), conforme recomendação de Ambrosano et al. (1996). Após a aplicação foi efetuada irrigação com o objetivo de minimizar as perdas por volatilização.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 22 dias após a emergência das plantas (DAE) em 2010 e 19 DAE em 2011, utilizando fluazifop-p-butil + fomesafem ( $160 + 200 \text{ g i. a. ha}^{-1}$ ). Para o controle das pragas foi realizada a aplicação de deltametrina+triazofós ( $4 + 140 \text{ g i. a. ha}^{-1}$ ) aos 13 e 48 DAE em 2010 e aos 12 e 35 DAE em 2011, endosulfan ( $350 \text{ g i. a. ha}^{-1}$ ) aos 47 e 58 DAE em 2010 e metomil ( $64,5 \text{ g i. a. ha}^{-1}$ ) aos 68 DAE em 2010. Para o controle das doenças foi utilizado o fungicida mancozeb ( $800 \text{ g i. a. ha}^{-1}$ ) aplicado aos 13, 35 e 58 DAE em 2010 e aos 13 DAE em 2011, além de procimidona ( $500 \text{ g i. a. ha}^{-1}$ ) aos 48 DAE em 2011.

O florescimento pleno das plantas se deu aos 42 dias após a emergência. A colheita foi realizada manualmente no dia 19.08.2010 e 12.09.2011, totalizando um ciclo de 92 e 97 dias, respectivamente.

As irrigações foram realizadas por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão. A evaporação de água (ECA) foi obtida diariamente do tanque Classe A instalado no Posto Meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa. No manejo de água durante o desenvolvimento da cultura foram utilizados valores de Kc semelhantes aos recomendados por Doorenbos e Kassan (1988), e de acordo com os estádios fenológicos da planta de feijão descritos por Fernandez et al. (1985), ou seja para as fases de  $V_0-V_2$  ( $Kc=0,30$ ), de  $V_3-V_4$  ( $Kc=0,70$ ), de  $R_5-R_7$  ( $Kc=1,05$ ),  $R_8$  (0,75) e  $R_9$  (0,25).

### 3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Para análise dos restos vegetais remanescentes das plantas de cobertura utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados com um único fator, ou seja, as diferentes coberturas vegetais.

No caso da análise dos dados provenientes do feijoeiro, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados disposto em um esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de diferentes tipos de plantas de cobertura (milheto, *Crotalaria juncea*, mucuna-preta, guandu, milheto + *Crotalaria juncea*, milheto + guandu e milheto + mucuna-preta), além de ser também utilizada uma área em pousio, caracterizando a parcela e diferentes níveis  $P_2O_5$  em semeadura, constituídos por ausência de adubação fosfatada e doses de  $P_2O_5$  (60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) nas subparcelas (Figura 2), totalizando 32 tratamentos com 4 repetições. As subparcelas foram constituídas por 7 linhas com 5 m de comprimento, sendo considerada como área útil de avaliação as 5 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades de cada linha.

Figura 2 - Esquema de campo de um bloco experimental

Milheto	<i>Crotalaria juncea</i> .....	Milheto + Mucuna					
0	90						
60	120						

Bloco A

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

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 com uso do programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2008). Com relação às doses de  $P_2O_5$ , aplicou-se a análise de regressão.

### 3.4 AVALIAÇÕES REALIZADAS

#### 3.4.1 Plantas de cobertura

Durante a condução do experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

- **Produção de matéria seca**

Por ocasião do manejo mecânico das plantas de cobertura com triturador mecânico 07.05.2010 e 27.05.2011, foram coletadas duas amostras de 1 m<sup>2</sup> em cada tratamento, sendo estas amostras acondicionadas em saco de papel e levadas ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada a temperatura média de 60 - 70 ° C, até atingir massa em equilíbrio, obtendo-se assim a produção de biomassa seca das plantas com valores expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

- **Determinação do teor de nutrientes da biomassa seca das culturas de cobertura**

Após a determinação da matéria seca, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, para homogeneizar (misturar) todo o material vegetal de forma a facilitar as determinações analíticas, e todo esse material foi acondicionado em sacos plásticos fechados, identificados, e posteriormente conduzidos ao laboratório para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). O acúmulo de macronutrientes nas culturas de cobertura foi obtido pelo produto da quantidade de matéria seca com os teores dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura e foram expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

- **Porcentagem de recobrimento do solo pela cultura de cobertura**

O período de avaliação foi de 35 dias, com avaliações semanais a partir do rebaixamento das coberturas vegetais. A porcentagem de recobrimento do solo pela cultura de cobertura foi determinado utilizando metodologia proposta por Lafen et al., (1981), que consiste na colocação de uma barra de 3m, com marcação a cada 0,05m na superfície do solo. A mesma foi posicionada transversalmente na parcela e depois se contou o número de vezes em que a palhada coincidiu com o ponto marcado na régua. Por meio da relação do número de pontos coincidentes pela palhada e o número total de pontos marcados na régua, multiplicado por 100, obteve-se a porcentagem de recobrimento do solo pelas plantas de cobertura.

### 3.4.2 Cultura do feijão

- **Produção de matéria seca do feijoeiro**

Por ocasião do florescimento pleno das plantas (42 DAE), foram coletadas em local pré-determinado na área útil de cada parcela, 10 plantas que foram acondicionadas em saco de



papel e levadas ao laboratório para secagem em estufa de ventilação forçada a temperatura média de 60 -70 °C, até atingir massa constante.

- **Determinação de P foliar e estado nutricional da planta de feijoeiro**

Por ocasião do florescimento pleno foram coletadas as 3<sup>as</sup> folhas, tomadas no terço médio de 30 plantas na área útil de cada subparcela e posteriormente acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório para serem submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C até atingir peso constante.

As folhas coletadas para avaliação foram moídas em moinho tipo Wiley para determinação do teor de P de cada subparcela conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Foram realizadas avaliações do estado nutricional das plantas (N, K, Ca, Mg e S) somente nas subparcelas que receberam a dose de 60 kg/ha de P.

- **Componentes de produção**

Por ocasião da colheita (19.08.2010 e 12.09.2011) foram coletadas 10 plantas local pré-determinado, na área útil de cada subparcela e levadas para o laboratório para determinação de:

- **Número de vagens planta<sup>-1</sup>**: foi obtido através da relação entre número total de vagens e número total de plantas, considerando as 10 plantas coletadas.

- **Número de sementes planta<sup>-1</sup>**: foi obtido através da relação entre número total de sementes e número total de plantas, considerando as 10 plantas coletadas.

- **Número médio de sementes por vagem**: foi obtido através da relação entre o número total de sementes pelo número total de vagens, considerando as 10 plantas coletadas.

- **Massa de 100 sementes**: foi realizadas de acordo com a metodologia das Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 1992), pesando-se 8 subamostras de 100 sementes por tratamento em balança de precisão 0,001 g e feita a correção para umidade à 13%.

- **Produtividade de sementes**

Foi determinado por meio da coleta das plantas de duas linhas de cinco metros, dentro da área útil de cada subparcela. Estas foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol e depois foram submetidas à trilha mecânica, sendo as sementes pesadas e os dados transformados em  $\text{kg ha}^{-1}$  (13 % base úmida).

- **Atributos físicos**

Após a colheita do feijoeiro, nas subparcelas que não receberam adubação fosfatada, foram determinadas para as camadas de 0 - 0,5 m, 0,5 - 0,10 m, 0,10 - 0,15 e 0,15 - 0,30 m, os seguintes atributos:

- Densidade do solo:

Foi obtido utilizando anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

- Macroporosidade, microporosidade e porosidade total:

Foi determinada pelo método da mesa de tensão, com o emprego de amostras com estrutura não deformada (EMBRAPA, 1997).

- **Análise química de solo**

Foi realizada coleta de amostras de solo em duas etapas (por ocasião do manejo mecânico das plantas de cobertura e após a colheita do feijoeiro) para caracterização química da área experimental.

Para realizar a primeira coleta (por ocasião da ceifa das plantas de cobertura) as amostras foram retiradas em todas as parcelas na profundidade de 0 - 0,20 m segundo a metodologia proposta por Oliveira et al. (2007). A análise química foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

Para a segunda coleta foram coletadas amostras de solo após a colheita do feijoeiro nas profundidades de 0-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m nas subparcelas que não receberam adubação fosfatada de acordo com a metodologia proposta por Oliveira et al. (2007).

As amostras foram coletadas com auxílio de trado de caneca, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de

2 mm de abertura, a fim de avaliar o pH do solo, cátions trocáveis, matéria orgânica e Al+ H conforme procedimento descrito em Rajj et al. (2001).

### **Análise das sementes**

Antes da realização das análises foi feita uma classificação das sementes por tamanho para garantir a homogeneidade da amostra a ser utilizada.

- **Teste de germinação:** foram realizados com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, em rolos de papel-toalha Germitest, sendo que o substrato foi umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel, de forma a uniformizar o teste, após isso foram levados para o germinador à  $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ . As contagens foram realizadas aos 5 e 9 dias após a semeadura, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

- **Emergência de plântulas no campo:** realizado com 50 sementes para cada repetição dos tratamentos. As sementes foram semeadas em sulco com 2,5m de comprimento e 2,0cm de profundidade, simulando a semeadura no campo, sendo irrigadas sempre que necessário. A contagem das plântulas emergidas foi efetuada aos 14 dias após a semeadura com expressão dos resultados em porcentagem (NAKAGAWA, 1994).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PLANTAS DE COBERTURA

- **Produção de matéria seca**

As médias obtidas para produção de matéria seca pelas plantas de cobertura estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3** - Produção de matéria seca pelas plantas de cobertura. Selviria/MS, 2010 e 2011.

Tratamento	Produção de matéria seca (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 (%)	15,73	17,37

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

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

No primeiro ano (2010), a área em pousio apresentou o menor valor (MS), enquanto que as demais coberturas apresentaram produção de MS variando de 7,5 a 9 t ha<sup>-1</sup>, superior às 6,0 t ha<sup>-1</sup>, citadas por Darolt (1998), como sendo a quantidade mínima ideal de adição de matéria seca 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 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 proporcionada pela vegetação espontânea,

quando comparada a adubação verde. Ressalta-se que, entretanto a produção de matéria seca 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  $5,5 \text{ t ha}^{-1}$ , valor superior aos obtidos neste trabalho. Observou-se a presença, em maior densidade populacional, do Leiteiro (*Peschiera fuchsiaefolia*), 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 MS foram superiores às verificadas no primeiro ano, 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 MS foi proporcionado 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 e com corte após 90 dias da 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 proteção ao solo foi excelente, não diferindo significativamente da *Crotalaria juncea*. Esta, por ter proporcionado uma quantidade maior de caules, constituiu uma cobertura de solo com provável maior teor de lignina, tendendo ao longo do tempo possível decomposição mais lenta.

Os valores observados estão de acordo com informações da literatura que revelam teores de matéria seca variando entre  $5,02$  e  $6,15 \text{ t ha}^{-1}$  na região de Cerrado de Goiás, segundo Amabile (1993), para o guandu; mais de  $7 \text{ t ha}^{-1}$  em Mato Grosso do Sul, segundo Salton et al. (1993), para a crotalária; oscilando entre  $5,7$  e  $19,8 \text{ t ha}^{-1}$  em áreas de Cerrado do Distrito Federal, segundo Amabile (1993), para a mucuna preta e variando  $2,03$  a  $8,1 \text{ t ha}^{-1}$  no Cerrado do Brasil Central para o milho.

- **Porcentagem de recobrimento do solo**

Os dados de porcentagem de recobrimento do solo estão apresentados na Tabela 4. Nota-se que independente dos anos estudados, as culturas de milho, *Crotalaria juncea*, mucuna-preta e os consórcios milho + guandu, milho + *Crotalaria juncea* e milho + 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, sendo que uma possível causa da decomposição lenta da palhada da cultura, pode ser o maior rendimento de matéria seca obtido pelas plantas de cobertura em questão. 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 e 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 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 crotalária, verificou que essa cultura produziu as menores quantidades de palha, em comparação com sorgo, milheto e braquiário, nas duas épocas de semeadura para todas as épocas de amostragem, como consequência, houve menor recobrimento do solo por essa palhada.

**Tabela 4** – Valores médios referentes à porcentagem de recobrimento do solo pelas plantas de cobertura. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

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

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

<sup>1</sup> DAR = Dias após o rebaixamento das plantas de cobertura.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

- **Acúmulo de Macronutrientes**

Os dados do acúmulo de macronutrientes nas plantas de cobertura estão apresentados na Tabela 5. 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, 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).

A utilização dos adubos verdes, na rotação torna-se bastante interessante pelo retorno de nutrientes (Tabela 5), onde pelos teores observados associados à matéria seca 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 ocorreu devido, a uma menor quantidade de matéria seca 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 produzida por cada espécie.

O maior acúmulo de Nitrogênio (N) nos dois anos de cultivo foi verificado na palhada de mucuna – preta. Este efeito é decorrente tanto da maior matéria seca quanto dos teores mais elevados de N da mucuna (Tabela 6). A quantidade de nutrientes acumulada depende da espécie utilizada, do estágio fenológico, da produção de matéria seca 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.



**Tabela 5** - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas plantas de cobertura, por ocasião do corte e adição das palhadas na superfície do solo. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2011
$\text{kg ha}^{-1}$											
Coberturas vegetais											
Milheto	146 de	104 de	26 cd	32 c	197 a	94 a	47 c	16 e	30 b	28 b	18 cd
<i>Crotalaria juncea</i>	186 d	213 bc	28 bc	39 c	120 c	74 a	75 b	59 b	37 a	50 a	42 ab
Guandu	261 b	146 d	33 b	17 d	84 d	33 d	74 b	33 cd	31 b	12 c	34 bc
Mucuna-preta	361 a	357 a	44 a	58 a	182 a	70 ab	112 a	76 a	27 bc	30 b	58 a
Pousio	59 f	47 e	10 e	15 d	73 d	35 cd	13 e	8 e	15 d	10 c	6 d
Milheto + Guandu	164 e	154 cd	23 cd	41 bc	146 b	82 a	35 d	36 c	27 bc	38 ab	29 bc
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	163 e	145 d	22 d	42 bc	124 c	63 abc	51 c	20 de	30 b	24 bc	60 a
Milheto + Mucuna-preta	209 c	248 b	33 b	54 ab	160 b	88 a	73 b	63 ab	25 c	36 ab	31 bc
DMS	18,02	64,8	5,85	13,8	20,2	36,57	4,80	16,31	4,32	14,6	18,25
CV (%)	3,85	12,72	8,96	12,9	6,27	8,77	3,37	14,56	6,57	17,79	18,19

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

**Tabela 6** - Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea da *Crotalaria juncea*, milho, guandu, mucuna – preta, vegetação espontânea (pousio), dos consórcios milho + guandu, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna + preta. . Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg		S
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2011
$g\ kg^{-1}$											
Coberturas vegetais											
Milho	16,7 b	10,6 d	2,89 ab	3,22 bcd	14,7 ab	8,4 ab	3,4 f	1,6 d	2,9	3,0 abcd	1,86 c
<i>Crotalaria juncea</i>	17,7 b	18,1 c	2,27b	3,4 bc	8,3 c	6,7 abcd	6,9 bc	5,2 ab	3,5	4,0 a	3,79 ab
Guandu	26,1 a	22,6 b	3,20 a	2,6 d	8,99 bc	4,4 d	8,4 b	4,2 bc	2,9	2,25 cd	4,65a
Mucuna-preta	30,4 a	29,5 a	3,15 a	4,8 a	12,5 abc	6,1 bcd	11,4 a	6,1 a	2,8	2,4 bcd	3,89 ab
Pousio	15,8 b	10,8 d	2,59 ab	2,8 cd	15,0 a	4,9 cd	4,7 def	1,7 d	3,5	2,0 d	4,3 a
Milho + Guandu	15,1 b	14,3 cd	2,84 ab	4,7 a	16,1 a	9,2 a	3,6 ef	3,4 c	2,9	3,4 ab	2,16 c
Milho + <i>Crotalaria juncea</i>	17,5 b	14,3 cd	2,80 ab	3,7 b	13,0 abc	7,6 abc	5,4 cde	3,5 c	3,7	3,8 a	2,62 bc
Milho + Mucuna-preta	18,9 b	22,9 b	2,67 ab	4,7 a	13,6 abc	6,7 abcd	6,1 cd	5,6 ab	3,2	3,3 abc	2,80 bc
DMS	5.64	3.84	0.65	0.76	5.84	3.04	1.97	1.38	0.87	1.08	1.52
CV (%)	12.01	9.04	9.82	8.55	19.27	19.02	13.26	14.88	11.45	15.18	19.64

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

O maior acúmulo de N pela mucuna – preta (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, crotalária 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 crotalária. 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 – preta e no consórcio de milho + mucuna – preta, que não diferiram estatisticamente entre si. 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.

O fornecimento de P pela mucuna - preta, crotalária e milho foram próximos aos citados por Amabile et al. (1999), de 18 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P para as mucunas, aos obtidos por Carvalho et al. (1999), 31,7 kg ha<sup>-1</sup> de P para a crotalária, e aos obtidos por Rodrigues (2008), 28 kg ha<sup>-1</sup> de P para o milho. 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), destacaram quanto ao acúmulo a mucuna - preta não diferindo estatisticamente do milho em 2010. Já em 2011, o maior acúmulo foi obtido pelo milho, não diferindo da *Crotalaria juncea*, mucuna – preta, e dos consórcios em estudo (Tabela 5). A alta capacidade de acúmulo de K apresentada por essas plantas as tornam uma boa 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: Inhame, e das Euphorbeaceas: mandioca.

A disponibilidade de K pelo guandu e crotalária 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 crotalária. O milho apresentou valor superior aos obtidos por Rodrigues (2008), 87 kg ha<sup>-1</sup> de K. Já para a mucuna – preta os valores permaneceram na mesma faixa dos obtidos por Amabile et al. (1999), entre 40 e 94 kg ha<sup>-1</sup> de K.

Embora as espécies espontâneas tenham produzido menos matéria seca (Tabela 3), apresentaram elevado teor de K (Tabela 6). Assim, as plantas daninhas podem promover os mesmos efeitos de ciclagem de K que as espécies empregadas na adubação verde, quando providas de uma alta produção de matéria seca.

O acúmulo de Cálcio (Ca) foi maior para os tratamentos com mucuna preta em 2010, e em 2011 foi maior 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 crotalária, 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 crotalárias e guandu, e aos obtidos por Oliveira et al. (2002), de 93 kg ha<sup>-1</sup> de Ca para o milho. Já para a mucuna – preta os valores permaneceram na mesma faixa dos obtidos por Amabile et al. (1999), de 70 kg ha<sup>-1</sup> de Ca.

O acúmulo de magnésio (Mg) foi maior para os tratamentos com crotalária em 2010 e 2011, porém em 2011 não diferiu do milho + guandu e milho + mucuna – preta. Esse fato pode ser explicado devido à crotalária 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 crotalária 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, pois do tratamento com crotalária e o consórcio milho + crotalária.

O aporte de S em 2011 foi superior ao citado por Rodrigues (2008), de 15 kg ha<sup>-1</sup> de S para o milho, para o guandu e crotalária 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 das 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).

#### 4.2 FÍSICA DO SOLO

Na Tabela 7 são apresentados os resultados dos atributos físicos do solo cultivado com diferentes plantas de cobertura, nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

**Tabela 7** - Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	Ds <sup>1</sup>		Pt <sup>2</sup>		Macro <sup>3</sup>		Micro <sup>4</sup>	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
	Mg m <sup>-3</sup>				m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>			
Coberturas vegetais								
Milheto	1,39	1,46	46,9	45,1	13,1	14,2	33,8	30,8
<i>Crotalaria juncea</i>	1,43	1,47	46,2	44,7	12,0	12,8	34,2	31,9
Guandu	1,48	1,47	43,6	44,5	9,4	13,1	34,1	31,4
Mucuna-preta	1,42	1,46	45,9	45,1	12,2	13,6	33,7	31,5
Pousio	1,39	1,45	46,1	45,1	12,6	14,1	33,6	31,0
Milheto + Guandu	1,44	1,44	44,8	44,8	10,8	13,6	34,0	31,2
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	1,39	1,46	46,5	44,5	12,7	12,1	33,8	32,4
Milheto + Mucuna-preta	1,40	1,46	46,9	44,6	12,2	13,7	34,7	30,9
DMS	0,06	0,11	2,37	4,2	2,23	5,31	1,72	1,96
Profundidade (m)								
0,0 - 0,05	1,38	1,41 c	47,0	45,7	14,6	14,7	32,4 c	30,9
0,05 - 0,10	1,40	1,44 bc	45,4	43,5	11,2	11,9	33,7 b	31,5
0,10 - 0,20	1,44	1,48 ab	44,5	44,7	10,8	13,5	34,2 b	31,2
0,20 - 0,30	1,45	1,50 a	46,5	45,3	10,9	13,4	35,6 a	31,9
DMS	0,03	0,06	1,4	2,5	1,32	3,2	1,02	1,2
CV (%)	3,87	5,77	4,71	7,25	17,11	30,92	4,62	4,88
Valores de F								
C. vegetais (a)	4,94**	0,170 <sup>ns</sup>	4,41**	0,082 <sup>ns</sup>	5,47**	0,360 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	1,540 <sup>ns</sup>
Profundidade (b)	10,57**	6,647**	8,82**	2,054 <sup>ns</sup>	25,61**	1,803 <sup>ns</sup>	22,17**	1,761 <sup>ns</sup>
a*b	2,982**	0,7783 <sup>ns</sup>	2,55**	0,504 <sup>ns</sup>	4,25**	0,543 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,876 <sup>ns</sup>

\*\* p < 0,01 e <sup>ns</sup> não significativo, Médias seguidas de letras diferentes nas colunas em cada fator diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

<sup>1</sup> Densidade do solo.

<sup>2</sup> Porosidade Total.

<sup>3</sup> Macroporosidade.

<sup>4</sup> Microporosidade.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Para o ano de 2010, nota-se que a interação coberturas vegetais x profundidade de amostragem foi significativa para densidade do solo, macroporosidade e porosidade total, cujos desdobramentos encontram-se nas Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente.

**Tabela 8** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x profundidade de amostragem para densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) . Selvíria/MS, 2010.

Coberturas vegetais	Profundidade (m)			
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Milheto	1,30 bB	1,44 A	1,45 abA	1,38 bAB
<i>Crotalaria juncea</i>	1,39 abB	1,41 B	1,38 abB	1,55 aA
Guandu	1,47 a	1,46	1,46 a	1,52 ab
Mucuna-preta	1,39 ab	1,43	1,40 ab	1,47 ab
Pousio	1,32 bB	1,44 A	1,39 abAB	1,42 bA
Milheto + Guandu	1,39 abB	1,50 A	1,43 abAB	1,45 abAB
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	1,34 b	1,43	1,38 ab	1,42 b
Milheto + Mucuna-preta	1,44 abA	1,39 AB	1,34 bB	1,45 abA
DMS(coluna)			0,12	
DMS (linha)			0,10	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

De modo geral, a menor densidade do solo, na média das culturas, foi na camada de 0 a 0,05 m ( $1,38 \text{ Mg m}^{-3}$ ) e as maiores densidades ( $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ ) ocorreram nas camadas de 0,20-0,30 m (Tabela 8). Menor densidade na camada superficial também foi observada por Genro Junior et al. (2004), em Latossolo Vermelho distroférrico típico muito argiloso. As menores densidades observadas na camada mais superficial podem estar relacionadas à maior densidade de raízes das culturas utilizadas, e ao maior teor de matéria orgânica. Além desses efeitos, a semeadura das espécies mobiliza a camada mais superficial do solo, com espaçamento entre os mecanismos sulcadores variável para cada espécie.

Observa-se que na camada de 0,00-0,05 m, o tratamento com milho embora não apresentando diferenças estatísticas significativas em relação aos outros tratamentos apresenta um menor valor de  $D_s$ , demonstrando ser esta uma espécie mais promissora na melhoria deste atributo (Tabela 8). Os maiores valores de macroporosidade também foram apresentados pelo solo com resíduos de milho (Tabela 9). Isto sugere que a ação do sistema radicular, ao se decompor, atua na formação de bioporos, como descrito por Eltz et al. (1989). Além disso, o sistema radicular das gramíneas é mais denso e melhor distribuído o que favorece a ligação entre partículas minerais do solo e agregados, formando novos agregados e auxiliando na sua estabilização (SILVA; MIELNICZUCK, 1997). Neste estudo, os acréscimos de MO pelo contínuo aporte de resíduos nos tratamentos com plantas de cobertura no inverno promoveu aumentos nos valores de macroporosidade.

**Tabela 9** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x profundidade de amostragem para macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ). Selvíria/MS, 2010.

Coberturas vegetais	Profundidade (m)			
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Milheto	18,3 aA	10,8 B	8,7 bB	14,7 aA
<i>Crotalaria juncea</i>	14,1 abA	11,6 AB	14,2 aA	8,2 cB
Guandu	11,0 b	10,5	8,8 b	8,4 c
Mucuna-preta	15,0 abA	11,9 AB	11,8 ab AB	10,1 bcB
Pousio	16,3 aA	10,7 B	10,5 abB	12,8 abAB
Milheto + Guandu	15,1 abA	8,2 B	9,5 bB	10,4 abcB
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	17,2 aA	10,6 B	11,1 abB	11,9 abcB
Milheto + Mucuna-preta	12,3 b	12,1	12,8 ab	11,4 abc
DMS(coluna)				4,46
DMS (linha)				3,76

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Rosolem et al. (2002), verificaram que o milho e o sorgo de guiné apresentaram maior potencial para serem usados como plantas de cobertura em solos compactados do que *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* e girassol, por apresentarem maior densidade de comprimento radicular em todos os níveis de compactação testados.

A densidade média do solo pode ser considerada elevada, já que os valores estão na faixa considerada crítica para solos argilosos por Veihmeyer e Hendrickson (1948) e Jones (1983). A densidade do solo crítica é dependente principalmente de sua classe textural. Argenton et al. (2005), constataram que, em Latossolo Vermelho argiloso, a deficiência de aeração inicia-se com densidade do solo próxima de  $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$ , e Klein (2006), para mesma classe de solo, baseado no intervalo hídrico ótimo, observou que a densidade limitante foi de  $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$ . Reichert et al. (2003), propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais:  $1,30$  a  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$  para solos argilosos,  $1,40$  a  $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$  para os franco-argilosos e de  $1,70$  a  $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$  para os franco-arenosos.

O aumento da densidade do solo nas camadas de  $0,10$  a  $0,30 \text{ m}$  ocorreu às expensas da porosidade total e dos macroporos (Tabela 8, 9 e 10). Na primeira camada (Tabela 9), não há restrição, mas abaixo de  $0,10 \text{ m}$  a macroporosidade beira perto do limite crítico de aeração considerado impeditivo para o crescimento de raízes (XU et al., 1992), com menos de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  nos solos sobre palhada de milho e guandu (Tabela 9). Em solos com baixa porosidade de aeração, as trocas gasosas diminuem e aumenta a concentração de gás carbônico, principalmente nas zonas compactadas, com prejuízo ao crescimento radicular. A relação



ideal de macroporos em relação à porosidade total é de 0,33, e indica a relação entre capacidade de aeração e retenção de água no solo.

**Tabela 10** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x profundidade de amostragem para porosidade total ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ). Selvíria/MS, 2010.

Coberturas vegetais	Profundidade (m)			
	0,0 - 0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,30
Milheto	50,3 aA	44,3 B	44,9 abB	48,2 aAB
<i>Crotalaria juncea</i>	45,9 abAB	45,9 AB	49,6 aA	43,3 bB
Guandu	44,7 b	43,9	43,9 b	41,9 b
Mucuna-preta	46,7 ab	45,7	46,9 ab	44,2 ab
Pousio	47,5 ab	43,8	45,8 ab	47,3 ab
Milheto + Guandu	47,2 abA	42,2 B	45,7 ab AB	44,2 abAB
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	49,4 aA	44,1 B	47,3 ab A	45,2 abB
Milheto + Mucuna-preta	47,2 ab	46,2	48,1 ab	46,1 ab
DMS(coluna)	4,74			
DMS (linha)	3,99			

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Em relação à microporosidade em 2010 (Tabela 7), observa-se efeito da profundidade de amostragem, sendo que na camada de 0,20 – 0,30 m ocorreram os maiores valores. Isto já era previsto devido à maior densidade do solo nas camadas mais profundas, já que a microporosidade apresenta correlação positiva com a densidade do solo. Argenton et al. (2005), também encontraram correlação inversamente proporcional da densidade do solo com a macroporosidade e a porosidade total e correlação positiva com a microporosidade.

No geral, a microporosidade aumenta, enquanto a macroporosidade diminuiu com a profundidade. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Argenton et al. (2005).

No segundo ano de cultivo (2011) observou-se efeito da profundidade de amostragem somente para a densidade do solo. Sendo que na camada de 0,0 a 0,05 m obteve o menor valor. Possivelmente, a menor densidade encontrada, nas camadas subsuperficiais, e explicada pela maior quantidade de matéria orgânica, menor teor de argila e ausência do tráfego de máquinas agrícolas, concordando com resultados obtidos por Lemos Filho et al. (2008). Trabalhos de Alves (2001) e Almeida (2001) mostraram diferenças significativas na densidade do solo quando utilizados diversos adubos verdes, após oito e três anos de pesquisa, respectivamente, mostrando que, há necessidade de médio e longo prazo para que haja determinadas diferenças significativas nas propriedades físicas do solo em estudo.

Uma hipótese do estudo era que haveria redução da densidade do solo e aumento da macroporosidade pelo uso de plantas de cobertura, o que foi constatado apenas na camada mais superficial no primeiro ano de estudo (2010). No entanto a avaliação da densidade foi realizada após 2 anos de cultivo com plantas de cobertura, período que pode ser considerado curto para recuperar a qualidade física deste solo, como observado por Genro Junior et al. (2004), em um Latossolo Vermelho.

É importante considerar que o benefício da inclusão das plantas de cobertura está ligado, principalmente, à criação de poros biológicos de alta funcionalidade, conforme constatado por Abreu et al. (2004), quando mediram a infiltração de água no solo em sistema com crotalaria em cultivo mínimo. Esses poros, normalmente, representam menos de 3 % do volume do solo, e sua formação reduz pouco a densidade do solo, mas com efeito importante nos fluxos de ar e água no perfil, muitas vezes não detectados por métodos tradicionais.

#### 4.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ANTES DA INSTALAÇÃO DO FEIJOEIRO NO 2º ANO DE CULTIVO.

Na Tabela 11 constam os resultados dos atributos químicos do solo cultivado com diferentes plantas de cobertura, nas camadas de 0,00 - 0,20 m.

**Tabela 11** - Valores médios de pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%), em função da planta de cobertura, antes da instalação da cultura do feijoeiro no município de Selvíria /MS, nas profundidades de 0,0 -0,20 m, no segundo ano de cultivo (2011).

Trat.	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H +Al	SB	CTC	V
C.vegetais	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%
Milheto	15,6 c	26,9 a	4,8	2,0 b	19 c	11 bc	23	32	54	56
<i>C. juncea</i>	12,9 d	15,8 b	4,8	1,0 c	18 c	9,6 bc	26	28	55	52
Guandu	13,3 d	15,4 b	4,9	2,8 a	19 c	11,3 b	25	33	58	57
Mucuna	18,0 b	16,9 b	4,9	1,0 c	18 c	9,6 bc	25	29	53	54
Pousio	13,5 d	8,3 d	4,8	1,6 b	15 d	11,7 b	24	29	52	55
M + G <sup>1</sup>	12,0 d	15,1 b	4,9	1,1 c	25 b	14,6 a	22	35	57	60
M + C <sup>2</sup>	16,6 bc	16,6 b	4,9	1,8 b	19 c	9,0 c	23	30	54	56
M + M <sup>3</sup>	21,1 a	11,11 c	4,9	1,1 c	27 a	11,0 bc	21	38	60	64
DMS	1,95	2,34	0,50	0,43	1,74	2,26	6,68	11	10,17	13,6
CV (%)	4,39	5,16	3,52	9,54	3,02	7,12	9,80	12,08	6,37	8,30

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

<sup>1</sup> Milheto + Guandu

<sup>2</sup> Milheto + *Crotalaria juncea*

<sup>3</sup> Milheto + Mucuna-preta

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Em relação ao valor de pH, H + Al, SB, CTC e V, não houve efeito em relação as plantas de cobertura, ressalta-se que o valor de pH foi mantido em nível de acidez alto, variando entre 4,8 e 4,9 (solo ácido) e o valor da saturação de bases em nível médio de 51-70 %, independente das plantas de cobertura analisadas.

Já para os atributos: P, M.O, K, Ca e Mg, os resultados da análise de variância evidenciaram que ocorreu efeito das coberturas.

As maiores concentrações de P extraível do solo foram constatadas no solo coberto com milheto + mucuna - preta (Tabela 11). O uso das culturas de cobertura contribui para o aumento deste elemento no solo, pois comparando com o solo mantido com vegetação espontânea, observou-se aumento médio de 56 e 33% P, para o solo sob mucuna – preta e o consórcio milheto + mucuna, respectivamente.

Apesar disso, de maneira geral, os solos cultivados sobre as plantas de cobertura, permaneceram com teor baixo de P. Somente o solo cultivado sobre mucuna – preta, milheto

+ *Crotalaria juncea*, e milho + mucuna permaneceram dentro do teor considerado como médio de P (16 -40 mg dm<sup>-3</sup>).

Para matéria orgânica, os maiores teores foram determinados no solo com milho, diferindo das outras coberturas. O aumento da matéria orgânica do solo entre outros fatores está associado aos níveis de resíduos vegetais depositados ao solo. A esse respeito, como pode ser observada na Tabela 3, a vegetação espontânea (pousio), foi responsável pela menor produção de palha, o que refletiu diretamente nos teores de matéria orgânica do solo.

Os solos cultivados sobre guandu apresentaram as maiores concentrações de K<sup>+</sup> trocável (Tabela 11). Esses resultados mostram o efeito positivo das leguminosas com aumento do teor desse elemento. Lourenço et al. (1993), estudando o comportamento da mucuna preta, kudzu tropical, guandu e leucena relataram que estas apresentaram tendência de extrair o potássio do solo em maiores quantidades, comparado com os outros nutrientes.

Solos cultivados sobre palhada de milho, guandu, pousio, milho + crotalaria, apresentaram valores médios de potássio. Já sobre palhada de crotalaria, mucuna, milho + guandu, milho + mucuna- preta apresentaram valores baixos de K<sup>+</sup>.

Com relação aos teores de Ca<sup>++</sup> (Tabela 11), observa-se que o solo cultivado sobre milho + mucuna – preta obteve valores superiores comparados aos demais tratamentos. Apesar disso, independente da planta de cobertura utilizada os valores de Ca<sup>++</sup> foram considerados altos. Estes resultados são contraditórios aos de Lourenço et al (1993), quando relataram que a incorporação de restos vegetais de leguminosas como guandu, Kudzu tropical, mucuna – preta e leucena não contribuíram para elevar o teor de Ca no solo.

Para o nutriente Mg<sup>++</sup> do solo, entre os valores médios observou-se para o consórcio milho + guandu valores significativamente superiores. De maneira geral, observa-se que todos os tratamentos, até mesmo a área mantida com vegetação espontânea, permaneceram com valores considerados altos do elemento no solo.

#### 4.4 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO APÓS DOIS ANOS DE CULTIVO DO FEIJOEIRO

Nos atributos químicos do solo após o cultivo do feijoeiro não houve diferença entre as plantas de cobertura utilizada (Tabela 12). Provavelmente, a principal justificativa esteja no intervalo de apenas um ano entre as avaliações. Andrioli (2004), após cultivar crotalaria, braquiária + lablab e milho no início das chuvas e milho na safra de verão (semeadura em dezembro) determinou, no terceiro ano de condução do experimento, diferença para os teores

de Ca e Mg e valor SB, sendo maiores na sucessão crotalaria/milho na camada de 0 – 5 cm e menores na camada de 10 – 20 cm para a sucessão milheto/milho. O teor de K foi maior para a sucessão milheto/milho na camada de 0 – 5, 5 – 10 e 10 – 20 cm.

**Tabela 12** - Atributos químicos do solo em função da planta de cobertura e profundidade de amostragem, após 2 anos de cultivo do feijoeiro no município de Selvíria /MS, nas profundidades de 0,0 -0,60 m, no segundo ano de cultivo (2011).

Tratamentos	P resina mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H +Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	V %
Coberturas vegetais										
Milheto	11,6	15,1	4,9	1,33	12,4	8,3	21,8	21,9	43,7	50,0
<i>Crotalaria juncea</i>	12,6	14,1	4,9	1,03	14,0	9,9	20,4	24,9	45,3	54,6
Guandu	10,8	14,5	5,0	0,58	12,9	8,5	19,4	22	41,4	52,7
Mucuna-preta	11,8	14,3	4,8	0,72	24,7	9,1	20,4	24,5	44,9	54,6
Pousio	11,1	13,7	5,1	0,65	15,3	10,9	18,5	26,8	45,4	58,3
Milheto + Guandu	10,6	16,0	5,1	0,59	15,5	9,7	18,3	25,7	44,0	57,0
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	10,8	16,0	5,0	0,54	15,5	9,1	19,6	24,9	44,6	55,1
Milheto + Mucuna-preta	10,8	14,9	5,1	0,59	15,9	9,3	20,5	25,9	46,4	54,8
DMS	2,54	3,7	0,34	0,7	4,1	2,76	3,47	5,57	6,66	8,9
Profundidade (m)										
0 - 0,20	12,36 a	16,36 a	4,97	1,47 a	18,2 a	11,79 a	18,21 b	31,46 a	49,7 a	63,3 a
0,20 - 0,40	10,63 b	14,24 b	4,97	0,51 b	14,1 b	8,16 b	19,42 b	22,77 b	42,2 b	53,9 b
0,40 - 0,60	10,79 b	13,9 b	4,5	0,27 c	11,25 c	8,12 b	21,99 a	19,64 c	41,6 b	47,2 c
DMS	1,19	1,72	0,16	0,19	1,9	0,31	1,62	2,60	3,11	2,8
CV (%)	15,10	16,66	4,52	36,65	18,88	16	11,7	15,1	10,0	7,33
Valores de F										
Coberturas vegetais (A)	1,442 <sup>ns</sup>	1,036 <sup>ns</sup>	1,546 <sup>ns</sup>	7,117 <sup>ns</sup>	1,975 <sup>ns</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	2,172 <sup>ns</sup>	2,050 <sup>ns</sup>	0,988 <sup>ns</sup>	3,633 <sup>ns</sup>
Profundidade (B)	7,526**	6,962**	2,319 <sup>ns</sup>	126,988**	39,145**	47,39**	16,626**	64,868**	51,019**	53,4**
A *B	2,038 <sup>ns</sup>	1,353 <sup>ns</sup>	0,431 <sup>ns</sup>	4,876 <sup>ns</sup>	1,445 <sup>ns</sup>	3,387 <sup>ns</sup>	1,127 <sup>ns</sup>	1,919 <sup>ns</sup>	1,931 <sup>ns</sup>	1,506 <sup>ns</sup>

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Do resultado das análises de variância relativo às características químicas do solo em função dos tratamentos aplicados (Tabela 12), constatou-se efeito isolado da profundidade sobre as características matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) potássio ( $\text{K}^+$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por base (V) e acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$ ). Em relação à variação do teor de pH, não houve efeito para as profundidades.

Observa-se que apesar de não tem tido efeito para o pH, que o solo sobre palhada de milho, crotalaria, guandu, mucuna, milho + crotalaria, permaneceram com acidez alta, já o consórcio milho + mucuna, milho + guandu e área sobre pousio apresentaram acidez com teores médios. Segundo Kiehl (1979), para valores abaixo de pH 5,0 haverá deficiência dos elementos P, Ca, Mg, Mo, B ou toxidez de Al, Mn, Zn e outros metais pesados, devido as suas maiores solubilidades. Para os solos do Estado de São Paulo o pH médio considerado é de 5,1-5,5, sendo estes valores de 4,8- 5,0, a acidez é considerada baixa (RAIJ et al., 1997).

Os valores de pH para os tratamentos foram semelhantes ao verificado por Guimarães (2000). Segundo o autor, estes valores se devem às exudações ácidas pelas raízes das plantas, atuando diretamente no pH do solo.

Os teores de M.O. (Tabela 12) foram maiores na camada de 0 – 20 m de profundidade, diferindo das outras camadas, as quais não diferiram entre si. Evidenciando-se, ainda nesta seqüência, tendência de diminuição com o aumento da profundidade, influenciado pelo maior acúmulo do resíduo vegetal na camada superficial do solo. O acúmulo de M.O. na camada superficial decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície no SPD, devido a não incorporação de resíduos vegetais (SANTOS; SIQUEIRA, 1996).

Entre os valores médios de P do solo entre profundidades (Tabela 12), constatou-se que o da profundidade de 0 – 0,20 cm ( $12,36 \text{ mg dm}^{-3}$ ) foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) aos da profundidade de 0,20 – 0,40 cm ( $10,63 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e de 0,40 – 0,60 cm ( $10,79 \text{ mg dm}^{-3}$ ). O acúmulo deste nutriente na camada superficial do solo é resultante de sua liberação em maior quantidade da decomposição dos resíduos vegetais e diminuição da sua fixação, em decorrência do menor contato desse elemento com os constituintes do solo (SIDIRAS; PAVAN, 1985). Entretanto, tais valores observados são considerados baixos e com tendência de diminuição, à medida que se aprofundam, no perfil, resultados que refletem a limitada mobilidade desse elemento no solo (MUZILLI, 1981 e 1983). Isto se evidencia claramente neste experimento, ao se observar estreita relação direta dos níveis desse nutriente nas profundidades estudadas do solo com os de matéria orgânica.

Com relação aos teores  $\text{Ca}^{++}$  entre profundidades (Tabela 12), concluiu-se que o valor da profundidade de 0 – 0,20 m ( 18,20  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) foi significativamente superior ao das profundidades de 0,20 – 0,40 m ( 14,1  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e de 0,40 – 0,60 m (11,25  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ). Embora a diferença os valores de  $\text{Ca}^{++}$  estão em nível considerado alta para as culturas.

Os teores de  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (Tabela 12) também foram maiores na camada de 0 – 0,20 m, diferindo dos teores das outras camadas. Para  $\text{K}^+$  os referidos valores estão em nível considerado baixo para as culturas, e para  $\text{Mg}^{2+}$  considerado alto para as culturas.

Para as características SB, CTC e V na Tabela 12 constatou-se, em seus valores, que o da profundidade de 0 – 0,20 m foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) ao das outras profundidades. Vê-se que tais resultados estão em consonância com os relatados para o  $\text{Ca}^{++}$  do experimento, o que se deve ao fato de que o nível de  $\text{Ca}^{++}$  no solo influencia diretamente os valores de SB e CTC, por fazer parte de suas determinações (EMBRAPA, 1997).

De modo geral o teor de M.O. (Tabela 12) foi maior na camada de 0 – 0,20 m, diferindo das outras camadas, com menor teor na camada de 0,40 – 0,60 m. Este mesmo comportamento foi verificado para os valores de CTC e V % (Tabela 12). Para H + Al (Tabela 12) ocorreu o contrário, isto é, aumento em profundidade. O valor de SB também foi maior na camada de 0 – 20 m e diferiu das demais camadas. O acúmulo de MO. na camada superficial decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície no SPD, devido a não incorporação de resíduos vegetais (SANTOS; SIQUEIRA, 1996). A M.O. é uma das principais responsáveis pela CTC do solo, o que explica porque a CTC diminuiu com a profundidade. Com a diminuição de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (Tabela 12) em função da profundidade, a SB diminuiu e, como houve aumento dos valores de H+Al em profundidade, ocorreu diminuição do V%.



#### 4.5 CULTURA DO FEIJÃO

- **Matéria seca e teor de fósforo**

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados referentes à matéria seca e teor de fósforo nas folhas de feijoeiro, em função de coberturas vegetais antecessoras e doses de fósforo na semeadura, nos anos de 2010 e 2011.

Houve efeito significativo para doses de  $P_2O_5$  em 2010 (Tabela 13), apesar da significância para a interação, as equações não mostraram um bom ajuste, com coeficiente de determinação muito baixo (0,47), concordando com Miranda et al. (2002), que verificaram que os teores de P nas folhas do feijoeiro aumentaram com as doses de adubação fosfatada e, mesmo no nível mais baixo de P ficaram acima do nível crítico de  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  (RAIJ, 1991).

**Tabela 13 -** Valores médios e valores de F para matéria seca e teor de fósforo nas folhas de feijoeiro, em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na semeadura. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	Matéria seca (g planta <sup>-1</sup> )		Teor de Fósforo nas folhas (g kg <sup>-1</sup> )	
	2010	2011	2010	2011
Coberturas vegetais (A)				
Milheto	5,58	7,67	4,61	9,13
<i>Crotalaria juncea</i>	6,67	8,54	4,59	8,59
Guandu	6,86	7,56	4,50	7,74
Mucuna- Preta	6,49	8,73	4,65	8,90
Pousio	6,52	7,29	4,76	8,17
Milheto+ Guandu	7,19	7,67	4,57	7,75
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	6,29	9,05	4,65	9,30
Milheto + Mucuna- Preta	6,32	6,66	4,85	8,49
CV <sub>1</sub> (%) parcela	7,07	10,11	7,64	10,05
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) (B)				
0	5,77	6,87	4,94 <sup>(1)</sup>	7,54
60	6,87	8,58	3,79	8,81
90	6,67	8,24	4,99	8,54
120	6,66	7,89	4,86	9,15
CV <sub>2</sub> (%) subparcela	7,02	10,52	8,98	8,76
Valor de F				
Coberturas vegetais (A)	16,94**	12,278**	0,128 <sup>ns</sup>	1,022 <sup>ns</sup>
Doses (B)	36,88**	18,873**	60,288**	27,52**
A x B	9,690**	8,597**	1,176 <sup>ns</sup>	8,46**

\*\* p<0,01 e <sup>ns</sup> não significativo. <sup>(1)</sup>y= 4,87 -0,024x + 0,0002x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,47)

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Para matéria seca das plantas nos dois anos de cultivo, nota-se que a interação cobertura x fósforo foi significativa, cujos desdobramentos encontram-se nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

**Tabela 14** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) de plantas de feijoeiro Selvíria/MS, 2010.

Coberturas Vegetais	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	4,01c	6,04c	6,27ab	6,00c	RQ <sup>(1)*</sup>
<i>Crotalaria juncea</i>	6,54a	7,67ba	7,10a	7,46a	RL <sup>(2)*</sup>
Guandu	7,21a	6,71cb	6,74ab	6,77cba	ns
Mucuna- Preta	4,95cb	7,99a	6,85ab	6,19cb	RQ <sup>(3)**</sup>
Pousio	5,48b	6,83cb	6,84ab	6,93cba	RQ <sup>(4)*</sup>
Milheto+ Guandu	6,85a	6,77cb	6,29ab	6,75cba	ns
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	6,73a	6,37c	6,05b	6,00c	RL <sup>(5)**</sup>
Milheto + Mucuna-Preta	4,38c	6,56c	7,18a	7,16ba	RQ <sup>(6)*</sup>

DMS 1,006

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01; \* p<0,05 e ns não significativo. RL= regressão linear; RQ= regressão quadrática. <sup>(1)</sup> y= 4,008 + 0,051x - 0,00028x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>= 1), <sup>(2)</sup> y= 6,75+ 0,006x (r<sup>2</sup>=0,47), <sup>(3)</sup> y= 5,01 + 0,078x - 0,00058x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,91), <sup>(4)</sup> y= 5,49 + 0,030x - 0,00015x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,98) e <sup>(5)</sup> y= 6,72 - 0,006x (r<sup>2</sup>=0,96) e <sup>(6)</sup> y= 4,37 + 0,05x - 0,00021x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,99).

Fonte: Elaboração do próprio autor.

**Tabela 15** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em sementeira para matéria seca (g planta<sup>-1</sup>) de plantas de feijoeiro Selvíria/MS, 2011.

Coberturas Vegetais	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	6,33bcd	8,77bc	8,30ab	7,30b	RQ <sup>(1)**</sup>
<i>Crotalaria juncea</i>	8,07ab	10,80ab	9,77a	7,57b	ns
Guandu	6,43bcd	8,77bc	7,97ab	7,07b	RQ <sup>(2)*</sup>
Mucuna- Preta	5,73cd	11,30a	7,87ab	10,03a	ns
Pousio	5,03d	9,53abc	6,93b	7,67b	ns
Milheto+ Guandu	7,33bc	5,87d	8,53ab	8,93ab	ns
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	10,13a	7,73cd	8,90ab	7,40b	RQ <sup>(3)**</sup>
Milheto + Mucuna-Preta	5,93bcd	5,86d	7,67ab	7,17b	ns

DMS 2,15

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01; \* p<0,05 e ns não significativo. RQ= regressão quadrática. <sup>(1)</sup> y= 6,35+ 0,069x - 0,0005x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>= 0,99), <sup>(2)</sup> y= 6,47 + 0,066x - 0,0005x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,96) e <sup>(3)</sup> y= 8,08 + 0,093x - 0,0008x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,99)

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A *Crotalaria juncea* proporcionou maior incremento nessa característica nos dois anos de cultivo, independentemente da dose de  $P_2O_5$  concordando com Wutke et al. (1998), que avaliando a produtividade do feijoeiro irrigado em rotação com gramínea e adubos verdes, notaram que a utilização da *Crotalaria juncea* foi extremamente viável na rotação com feijoeiro, aumentando sua massa da matéria seca. Conforme Sauer et al. (1996), quanto menor a quantidade de resíduos na superfície, maior a taxa de evaporação de água do solo ao longo do tempo. Portanto, pode-se supor que nos demais tratamentos, em que a produção de matéria seca foi maior (Tabela 3), tenham ocorrido maior proteção do solo, menor evaporação e, conseqüentemente, aumento da capacidade de armazenamento de água da chuva ou da irrigação o que favoreceu o crescimento das plantas.

Nos tratamentos com restos culturais de milho, *Crotalaria juncea*, mucuna-preta, pousio, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta os dados do primeiro ano (Tabela 14) de matéria seca de plantas se ajustaram a equações quadrática, linear, quadrática, quadrática, linear e quadrática, respectivamente, em função do aumento das doses de fósforo aplicados em semeadura.

Na cobertura de milho de acordo com a equação ajustada, o máximo valor da matéria seca do feijoeiro foi obtida com a dose de  $91,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo. Em relação à mucuna – preta e o pousio a matéria seca máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de  $67,2$  e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo, respectivamente. Já em relação ao consórcio milho + mucuna-preta, a matéria seca máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo. Foram necessários aproximadamente  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo a mais na área anteriormente ocupada com o guandu e com o pousio para alcançar a mesma produtividade de matéria seca obtida sobre palhada de milho.

Em relação à cobertura de crotalaria verifica-se que os dados se ajustaram a função linear positiva, sendo que o aumento nas doses de  $P_2O_5$  proporcionou aumento na matéria seca, o mesmo não aconteceu com a cobertura de milho + crotalaria no qual os dados se ajustaram a uma função quadrática linear decrescente, sendo que o aumento nas doses de  $P_2O_5$  proporcionou diminuição na matéria seca do feijoeiro.

Já no segundo ano de cultivo (Tabela 15) nos tratamentos com cultivos antecessores de milho, guandu e o consórcio milho + *Crotalaria juncea* os dados de matéria seca de plantas se ajustaram a equações quadráticas respectivamente, em função do aumento das doses de fósforo aplicados em semeadura na cobertura de milho de acordo com a equação ajustada, o máximo valor da matéria seca do feijoeiro foi obtida com a dose de  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo. Na cobertura de guandu de acordo com a equação ajustada, o máximo valor da massa

da matéria seca do feijoeiro foi obtida com a dose de 66 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Já em relação ao consorcio milho + Crotalaria a matéria seca máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de 58 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente.

O teor de P nas folhas do feijoeiro em 2010 (Tabela 13) não foi afetado pelas plantas de cobertura. O mesmo foi verificado por Carvalho et al. (2007). 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.

Para teor foliar de fósforo no ano de 2011, observou-se que a interação cobertura x fósforo foi significativa, cujo desdobramento se encontra na Tabela 16.

**Tabela 16.** Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para teor de fósforo foliar (g kg<sup>-1</sup>) de plantas de feijoeiro Selvíria/MS, 2011.

Coberturas Vegetais	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	7,73ab	9,22	7,35cd	12,21a	RQ <sup>(1)**</sup>
<i>Crotalaria juncea</i>	8,82a	9,38	7,21d	8,94bc	ns
Guandu	7,10b	8,35	8,0bcd	7,53cd	RQ <sup>(2)*</sup>
Mucuna- Preta	8,23ab	9,44	8,24bcd	9,68b	ns
Pousio	6,98b	8,87	8,18bcd	8,64bc	ns
Milheto+ Guandu	6,74b	8,42	8,98bc	6,89d	RQ <sup>(3)**</sup>
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	7,91ab	8,98	10,79a	9,51b	ns
Milheto + Mucuna-Preta	6,80b	7,81	9,59ab	9,75b	RL <sup>(4)**</sup>
DMS 1,65					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01; \* p<0,05 e ns não significativo. RL= regressão linear; RQ= regressão quadrática. <sup>(1)</sup> y= 7,96 - 0,034x + 0,0005x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,60), <sup>(2)</sup>y= 7,11 + 0,03x - 0,0002x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,97), <sup>(3)</sup> y= 6,67+ 0,06x - 0,0005x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>= 0,87) e <sup>(4)</sup> y= 6,69 + 0,026x (r<sup>2</sup>=0,91).

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

O milho proporcionou maior incremento no teor de P, pois conforme mencionado por Floss (2000), as palhadas de gramíneas são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente na camada subsuperficial. Com isso pode inferir que provavelmente a palhada de milho restituiu mais P ao solo, que as outras palhadas em estudo.

Nos tratamentos com restos culturais de milho, guandu, milho + guandu os dados em 2011 de teor foliar de fósforo em plantas de feijoeiro se ajustaram a equações quadráticas

em função do aumento das doses de fósforo aplicados em semeadura. O teor de fósforo foliar máximo, de acordo com o modelo, é obtido com a dose de 34, 75 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente. No tratamento sobre palhada de milho + mucuna-preta verifica-se aumento linear do teor de fósforo foliar com o aumento das doses de P. É importante salientar, entretanto, que os teores de fósforo na folha verificados em todos os tratamentos estiveram acima da faixa considerada adequada para a cultura (2,5 a 4 g kg<sup>-1</sup>), de acordo com Ambrosano et al. (1997), mostrando que o solo foi um bom fornecedor de P.

A variação das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> conforme as plantas de cobertura mostram a capacidade de absorção (ciclagem) diferente de cada planta de cobertura (Tabela 13). Verifica-se também que houve maior acúmulo de matéria seca e de nutrientes no feijoeiro cultivado em 2011, uma das possíveis causas podem ter sido as precipitações verificadas, associada à temperatura adequada que ocorreram no período em questão.

- **Estado nutricional da planta de feijoeiro**

Segundo Kikuti et al. (2005), a diagnose foliar, baseada nos teores de macro e micronutrientes dos tecidos vegetais, é eficiente, pois correlaciona-se com os níveis críticos previamente estabelecidos para a cultura. Valores inferiores aos da faixa crítica são indicativos de carência nutricional e da necessidade de correção, enquanto valores superiores o são para toxicidade. No trabalho em questão foram encontrados valores inferiores e superiores a faixa crítica.

Nas folhas, os teores médios de N, Ca, Mg e S não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade para os tratamentos avaliados (Tabela 17). Os teores de N e Ca encontrados nas folhas do feijoeiro, nos diferentes tratamentos, e nos dois anos de cultivo estão dentro da faixa adequada, de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup> e 10 a 25 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (AMBROSANO et al.,1997), para Mg os teores estão acima da faixa considerado adequado de 2,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>. Já para o teor de S, observa-se que no segundo ano de cultivo valores acima dos preconizados como adequados por Ambrosano et al. (1997), que devem estar entre 2,0 – 3,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Esse maior teor de S nos tecidos foliares no segundo ano de cultivo, talvez possa ser justificado pelo maior acúmulo desse nutriente na fitomassa seca da planta de cobertura (Tabela 5 e 6).

A análise de variância revelou efeito significativo das palhadas somente sobre os teores foliares de K no feijoeiro (Tabela 17). O feijoeiro sob a palhada de milho em 2011 apresentou maior valor de K foliar comparado com as outras plantas de cobertura, e isso pode estar ligado ao acúmulo desse nutriente na matéria seca da planta de cobertura (Tabela 5),

corroborando com os relatos sobre a alta eficiência de reciclagem pelo milheto, principalmente quanto ao potássio (LIMA, 2003; SALTON et al., 1998). De acordo com Ambrosano et al. (1997) independente dos tratamentos, o feijoeiro apresentou valores maiores do que o recomendado nas folhas, que devem estar entre 20 – 24 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca.

**Tabela 17** - Teor foliar de macronutrientes nas folhas de feijoeiro em função das coberturas vegetais na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em semeadura. Selviria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	N		K		Ca		Mg		S	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2011	
g kg <sup>-1</sup>										
Coberturas vegetais										3,3
Milheto	46,5	48,6	34,1 a	30,1 a	16,2	13,6	7,1	7,0		3,4
<i>Crotalaria juncea</i>	39,5	50,8	22,5 b	27,1 b	19,1	14,1	8,2	7,2		3,5
Guandu	41,6	49,8	25,2 b	26,8 b	16,6	15,0	7,7	7,0		3,5
Mucuna-preta	46,9	50,4	29,1 ab	26,6 b	18,9	13,2	8,9	6,8		3,6
Pousio	43,9	58,8	25,9 b	27,9 b	16,0	14,2	7,3	7,4		4,1
Milheto + Guandu	45,8	53,4	27,2 ab	27,9 b	18,5	13,6	8,1	7,2		4,1
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	46,2	51,7	24,0 b	26,7 b	18,6	13,4	7,7	6,9		3,9
Milheto + Mucuna-preta	45,9	52,7	29,5 ab	27,5 b	18,6	16,7	8,8	7,2		0,94
DMS	11,62	11,95	7,09	1,86	5,85	5,72	3,32	1,58		10,82
CV (%)	10,99	9,69	10,98	10,36	13,85	16,92	17,56	9,40		3,3

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.



- **Componente de produção e produtividade de sementes**

O número de vagens planta<sup>-1</sup> não foi alterado por nenhum dos fatores estudados em ambos os anos de cultivo (Tabela 18). Arf et al. (1996), também não verificaram efeito da adubação verde sobre este componente de produção. Em relação à adubação fosfatada Vidal e Junqueira Netto (1982), constataram aumento do número de vagens por planta em função do aumento das doses de fósforo.

**Tabela 18** - Valores médios e valores de F para número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos planta<sup>-1</sup> e número de grãos vagem<sup>-1</sup> do feijoeiro em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na semeadura. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	Número de vagens planta <sup>-1</sup>		Número de grãos planta <sup>-1</sup>		Número de grãos vagem <sup>-1</sup>	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
<b>Coberturas vegetais (A)</b>						
Milheto	14,14	10,27	70,06abc	48,61	4,95ab	4,73
<i>Crotalaria juncea</i>	15,74	10,17	75,85abc	47,91	4,80b	4,74
Guandu	14,01	11,05	66,00bc	50,12	4,71b	4,57
Mucuna- Preta	13,74	10,36	65,83bc	52,63	4,79b	5,25
Pousio	13,11	9,74	61,89c	49,72	4,69b	5,20
Milheto+ Guandu	13,50	11,42	68,19abc	55,03	5,05ab	4,82
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	15,65	9,38	84,69a	44,42	5,41a	4,74
Milheto + Mucuna-Preta	15,52	8,97	80,69ab	41,78	5,22ab	4,65
DMS	2,89	3,33	17,05	18,84	0,61	1,11
CV <sub>1</sub> (%) parcela	16,89	22,72	20,07	26,80	10,35	15,89
<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) (B)</b>						
0	14,7	9,58	73,08	45,67	4,95	4,83
60	13,91	10,24	70,80	47,83	5,06	4,68
90	15,01	10,37	75,19	50,22	5,01	4,88
120	14,08	10,49	67,52	51,39	4,79	4,96
CV <sub>2</sub> (%) subparcela	19,33	22,46	21,21	21,30	8,91	15,06
<b>Valor de F</b>						
Coberturas vegetais (A)	2,96 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	4,921 <sup>**</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	4,13 <sup>**</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
Doses (B)	1,12 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	1,491 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	2,258 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>
A x B	0,82 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,903 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,277 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01 e <sup>ns</sup> não significativo.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Quanto ao número de grãos planta<sup>-1</sup>, embora sem efeito dos tratamentos no segundo ano (2011) de cultivo (Tabela 18), no primeiro ano (2010) de cultivo do feijoeiro sobre palhada de milho + *Crotalaria juncea* proporcionou o maior valor deste componente, porém, sem diferir dos tratamentos milho + guandu, milho + mucuna, milho e *Crotalaria juncea*. Isso pode ser devido à permanência de maior volume de palha proporcionando boa cobertura do solo, provavelmente maior umidade do solo, e melhor enchimento das vagens, pois segundo Kozłowski e Pallardy (1996) o estresse hídrico reduz a fotossíntese, tornando escassa a disponibilidade de fotossintatos para o enchimento das vagens, podendo acarretar-lhes a queda, fato que pode ter ocorrido nos demais tratamentos.

O número de grãos vagem<sup>-1</sup> foi alterado pelas coberturas vegetais em 2010, onde a palhada de milho + *Crotalaria juncea* proporcionou maior valor desse componente, porém, sem diferir dos tratamentos com milho + guandu, milho + mucuna-preta e milho, mostrando o efeito da palhada de gramíneas. Nos trabalhos de Silva et al. (2008), não foi verificado efeito das culturas de verão utilizadas em antecessão no número de grãos vagem<sup>-1</sup> de feijoeiro de inverno. Contudo em 2011 não houve efeito para nenhum dos fatores estudados.

Na Tabela 19 estão apresentados os resultados referentes à massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro em plantas de feijoeiro, em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na semeadura no ano de 2010 e 2011.

**Tabela 19** - Valores médios e valores de F para massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro em função de coberturas vegetais antecessoras e adubação fosfatada na semeadura. Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	Massa de 100 sementes (g)		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
	2010	2011	2010	2011
<b>Coberturas vegetais (A)</b>				
Milheto	30,28	24,74	3585	1980
<i>Crotalaria juncea</i>	31,27	25,92	3927	2072
Guandu	30,32	25,69	3242	1907
Mucuna- Preta	30,2	25,45	3518	2132
Pousio	30,78	26,50	2954	1849
Milheto+ Guandu	30,91	25,85	3619	1971
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	31,81	26,17	4317	2002
Milheto + Mucuna-Preta	30,98	25,95	3921	1956
CV <sub>1</sub> (%) parcela	3,99	5,70	13,21	18,26
<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) (B)</b>				
0	30,56	26,21	3735	1847
60	31,18	25,50	3638	2011
90	31,02	25,97	3801	2064
120	30,51	25,46	3368	2011
CV <sub>2</sub> (%) subparcela	3,69	5,87	14,24	18,32
<b>Valor de F</b>				
Coberturas vegetais (A)	3,23*	1,53 <sup>ns</sup>	12,54**	0,72 <sup>ns</sup>
Doses (B)	2,75*	1,39 <sup>ns</sup>	4,34**	1,61 <sup>ns</sup>
A x B	3,72**	0,94 <sup>ns</sup>	2,04*	0,59 <sup>ns</sup>

\*\*p<0,01; \* p<0,05 e <sup>ns</sup> não significativo.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Quanto à massa de 100 sementes, houve efeito da interação coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura apenas no primeiro ano de cultivo (Tabela 20). Onde o consorcio de milho + *Crotalaria juncea* proporcionou maior incremento nesse componente.

**Tabela 20.** Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para massa de 100 sementes (g) de feijoeiro. Selvíria/MS, 2010.

Coberturas Vegetais	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	27,91c	32,12ab	30,33a	30,77a	RQ***( <sup>1</sup> )
<i>Crotalaria juncea</i>	31,88a	31,01abc	31,03a	31,18a	ns
Guandu	31,57a	28,74c	30,23a	30,76a	RQ***( <sup>2</sup> )
Mucuna- Preta	30,53ab	30,47bc	30,71a	30,02a	ns
Pousio	28,58bc	31,91ab	31,75a	30,88a	RQ***( <sup>3</sup> )
Milheto+ Guandu	30,79ab	30,61abc	31,82a	30,43a	ns
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	31,89a	33,01a	31,26a	31,08a	ns
Milheto + Mucuna-Preta	31,37a	31,62ab	31,03a	29,89a	ns
DMS	2,51				

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. . \*\* p<0,01 e ns não significativo. RQ= regressão quadrática. (<sup>1</sup>)y= 28,04 + 0, 09x - 0, 00059x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,79), (<sup>2</sup>)y= 31,49 - 0, 07x + 0, 00056x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,84) e (<sup>3</sup>)y= 28,59 + 0, 089x - 0, 00058x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,99).

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Nos tratamentos com restos culturais de milho, guandu e pousio os dados de massa de 100 sementes se ajustaram à equações quadráticas. Na cobertura de guandu de acordo com a equação ajustada, o mínimo valor da massa de 100 sementes do feijoeiro foi obtida com a dose de 76,27 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Em relação ao pousio, a massa de 100 sementes máxima, de acordo com o modelo foi obtida com a dose de 76,5 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Já em relação ao milho, a massa de 100 sementes máxima, de acordo com o modelo foi obtida com a dose de 62,5 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Foram necessários 15 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo a mais na área anteriormente ocupada com o guandu e com o pousio para alcançar a mesma produtividade obtida sobre palhada de milho. Portanto pode-se inferir que, provavelmente, a palhada de milho restituiu mais P ao solo do que o guandu e o pousio, devido ao efeito da MS. No segundo ano de cultivo, essa variável não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 19), esse fato pode ser devido às altas temperaturas ocorridas no período de enchimento das vagens, já que segundo Shonnard e Gepts, (1994), nos estádios de pré-floração (R5) e enchimento de vagens (R8), o feijão é mais afetado pela alta temperatura. A alta temperatura do ar talvez seja o fator ambiental que exerça maior influência sobre a abscisão de flores e de vagens, o não-enchimento adequado de grãos, o vingamento e a retenção final de vagens no feijão, sendo também responsável pela redução do número de sementes por vagem e pela menor massa de sementes (DIDONET et al., 2002).

Os tratamentos influenciaram a produtividade de sementes do feijoeiro apenas no primeiro ano de cultivo (Tabela 19), sendo que houve efeito da interação entre coberturas vegetais x doses de fósforo (Tabela 21) como também para massa de 100 sementes.

**Tabela 21** - Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para a produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de feijoeiro. Selvíria/MS, 2010.

Coberturas Vegetais	Doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				
	0	60	90	120	
Milheto	3219cd	3738ab	4060ab	3323a	RQ*( <sup>1</sup> )
<i>Crotalaria juncea</i>	4432ab	3471ab	3951ab	3825a	ns
Guandu	3246cd	2975b	3724ab	3024a	ns
Mucuna- Preta	3639bc	3798ab	3658ab	2978a	ns
Pousio	2446d	3480ab	2963b	2929a	RQ*( <sup>2</sup> )
Milheto+ Guandu	3571bcd	3417ab	4072ab	3419a	ns
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	5073a	4011ab	4265a	3920a	RL**( <sup>3</sup> )
Milheto + Mucuna-Preta	4256abc	4211a	3719ab	3499a	RL*( <sup>4</sup> )
DMS	1142,69				

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$  e ns não significativo. RL= regressão linear; RQ= regressão quadrática. (<sup>1</sup>)  $y = 3189,84 + 22,43x - 0,17x^2$  ( $R^2=0,78$ ), (<sup>2</sup>)  $y = 2478,12 + 25,05x - 0,17x^2$  ( $R^2=0,79$ ), (<sup>3</sup>)  $y = 4923,62 - 8,99x$  ( $r^2=0,77$ ) e (<sup>4</sup>)  $y = 4362,20 - 6,53x$  ( $r^2=0,81$ ).

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

O consórcio de milho + *Crotalaria juncea* proporcionou maiores incrementos nessa característica. Devido à elevada produtividade de matéria seca, possivelmente houve maior proteção ao solo e maior retenção de umidade, diminuindo o déficit hídrico e favorecendo a formação e enchimento de grãos. Voss e Sidiras, citados por Balbino et al. (1996), também constataram que a maior conservação da água e a menor variação de temperatura no solo foram os principais fatores responsáveis pelo aumento de produtividade no sistema plantio direto do feijoeiro. Carvalho et al. (2007), utilizando palhada de mucuna – preta e milho, obtiveram produtividades de feijoeiro no inverno de 1.747 e 1.951  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente, valores inferiores aos obtidas nesse estudo. Nos tratamentos com restos culturais de milho de acordo com a equação ajustada, a máxima produtividade de grãos do feijoeiro foi obtida com a dose de 65,9  $\text{kg ha}^{-1}$  de fósforo. Em relação ao pousio, a produtividade de grãos máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de 73,7  $\text{kg ha}^{-1}$  de fósforo. Entretanto, em relação aos tratamentos com restos culturais de milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta a aplicação de fósforo em semeadura se ajustou a uma função linear

decrecente, onde com o aumento dos níveis de fósforo, houve diminuição da produtividade de grãos. Esse fato demonstra a importância do uso da adubação verde como fornecedora de nutrientes para as culturas sucessoras, extraindo e reciclando grandes quantidades de nutrientes não absorvidos pelas culturas anuais cultivadas no verão, proporcionando economia de aplicação de nutrientes na cultura em questão. No segundo ano de cultivo, essa variável não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 19). A produtividade pode ter sido influenciada pela menor massa de 100 sementes, somada à variável número de sementes. Tais resultados estão de acordo com as observações de Arf et al. (1996), Silva (2008) e Carvalho et al. (2007). Esses autores trabalhando no mesmo tipo de solo, não verificaram efeitos das plantas de cobertura nos componentes da produção e produtividade de sementes de feijoeiro no inverno.

Deve-se salientar que a produtividade de grãos de feijão foi menor no segundo ano de cultivo, provavelmente, pelas elevadas temperaturas (acima de 30°C) no estágio de enchimento de grãos e maturação (Figura 1). Conforme Embrapa (2003), a temperatura do ar é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro. A temperatura do ar ideal para o cultivo do feijoeiro encontra-se numa faixa próxima de 29 °C durante o dia e de 21 °C durante a noite. Segundo Aidar et al. (2002), o feijoeiro desenvolve bem entre a faixa de temperatura de 18 a 30 °C, sendo que fora deste limite ocorrem danos à produção, desde a queda de flores até o abortamento das vagens ou produzindo vagens chochas.

#### 4.6 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

Na Tabela 22, encontram-se os valores obtidos das análises de qualidade fisiológica de sementes de feijão produzidas nos dois anos de cultivo em função dos tratamentos.

**Tabela 22** - Médias e valores de F obtidos para avaliações de teste de germinação e emergência de plântulas em campo do feijoeiro cultivado sobre diferentes plantas de cobertura e doses de fósforo em semeadura na região de Selvíria/MS, 2010 e 2011.

Tratamentos	Germinação		Emergência de plântulas no campo	
	2010	2011	2010	2011
%				
Coberturas vegetais				
Milheto	97	98	93	93
<i>Crotalaria juncea</i>	97	97	93	94
Guandu	96	97	91	94
Mucuna-preta	98	97	89	93
Pousio	98	98	93	93
Milheto + Guandu	97	97	97	97
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	97	97	92	95
Milheto + Mucuna-preta	95	96	89	94
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) (B)				
0	99	99	90	93
60	98	98	93	94
90	95	96	94	95
120	95	96	93	94
CV (%)	3,14	2,22	2,09	2,23
Valores de F				
Coberturas vegetais (a)	1,645ns	1,552**	27,827**	6,485**
Doses de P (b)	10,574**	21,085**	16,349**	2,557ns
a*b	3,291**	5,664**	18,664**	7,501**

\*\* p < 0,01 e <sup>ns</sup> não significativo.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Na avaliação do teste de germinação e emergência de plântulas no campo, verificaram-se interação significativa para plantas de cobertura x doses de fósforo em semeadura nos dois anos de cultivo. Os desdobramentos das interações entre plantas de cobertura x doses de fósforo em semeadura estão apresentados nas Tabelas 23, 24, 25 e 26.

Com relação à germinação (Tabelas 23 e 24), foram verificadas maiores percentagens de plântulas normais para as sementes de feijoeiro cv. Pérola que foram semeadas na palhada sobre vegetação espontânea, seguido da mucuna e do consórcio milho + *Crotalaria juncea* no primeiro ano e sobre palhada de vegetação espontânea e do milho no segundo ano de

cultivo. Em ambos os anos nos tratamentos com restos culturais de guandu e do consórcio milho + *Crotalaria juncea* os dados se ajustaram a equações lineares decrescentes, onde com o aumento dos níveis de fósforo, houve diminuição na porcentagem de plântulas normais. Esse fato mostra a importância do uso das plantas de cobertura proporcionando economia de aplicação de nutrientes na cultura em questão. O mesmo não foi verificado por Zucareli et al. (2003), que ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes de feijão, cv. Carioca Precoce, em função da adubação fosfatada e da classificação das sementes por tamanho, constataram que as doses de 0, 90 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> resultaram sementes de melhor qualidade fisiológica nas de maior tamanho, porém, sem efeito nas menores.

De maneira geral, os menores valores obtidos na germinação devido a alguns tratamentos não foram limitantes para a sua comercialização, pois o valor mínimo para a comercialização de sementes de feijão, para a maioria dos Estados brasileiros fica entre 80 a 85% (CARVALHO et al., 2001).

**Tabela 23** - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais no teste de germinação de plantas de feijoeiro. Selvíria/MS 2010.

Coberturas vegetais	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	99,0 a	95,0 ab	98,5 a	96 a	ns
<i>Crotalaria juncea</i>	100 a	99,0 ab	91,5 b	97 a	ns
Guandu	100 a	99,0 ab	99,0 a	88 b	RL <sup>(1)</sup> **
Mucuna-preta	100 a	100 a	92,5 ab	98,5 a	ns
Pousio	99 a	100 a	95,5 ab	99,5 a	ns
Milheto + Guandu	99,5 a	99,0 ab	95,5 ab	95,0 a	RL <sup>(2)</sup> **
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	98,0 a	97,0 ab	97,5 ab	95,0 a	ns
Milheto + Mucuna-preta	97,5 a	93,0 b	94,5 ab	95,5 a	ns
DMS					6,68

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01 e <sup>ns</sup> não significativo. RL= regressão linear. <sup>(1)</sup>y= 102,03 -0,08x (r<sup>2</sup>= 0,54), <sup>(2)</sup>y= 100,01 - 0,04x r<sup>2</sup>= 0,81.

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.



**Tabela 24** - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais no teste de germinação de plantas de feijoeiro. Selvíria/MS 2011.

Coberturas vegetais	Doses de Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	99 a	98 a	98,5 ab	96 a	ns
<i>Crotalaria juncea</i>	100 a	99 a	94,0 bc	97 a	ns
Guandu	100 a	100 a	99,0 a	89 b	RL <sup>(1)**</sup>
Mucuna-preta	100 a	100 a	90,0 c	98,5 a	ns
Pousio	99 a	100 a	95,5 ab	99,5 a	ns
Milheto + Guandu	99,5 a	99 a	95,5 ab	95,0 a	RL <sup>(2)**</sup>
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	98,0 a	97 a	97,5 ab	95,0 a	ns
Milheto + Mucuna-preta	97,5 a	95,5 a	97 ab	95,5 a	ns
DMS					4,74

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01 e <sup>ns</sup> não significativo. RL= regressão linear. <sup>(1)</sup> y= 101,8 – 0,07x (r<sup>2</sup>=0,55) e <sup>(2)</sup> y= 100,0 – 0,04x (r<sup>2</sup>= 0,81).

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

Em relação à emergência de plântulas no campo (Tabelas 25 e 26) obtiveram maiores porcentagens de emergência de plântulas no campo para as sementes de feijoeiro cv. Pérola que foram semeadas na palhada do consórcio de milho + *Crotalaria juncea* nos dois anos de cultivo. No primeiro ano de cultivo nos tratamentos com restos culturais de milho, mucuna – preta e o consórcio milho + mucuna -preta, os dados se ajustaram a funções quadráticas, de acordo com os modelos a porcentagem de emergência de plântulas no campo máxima é obtida com a dose de 90, 37,5 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente. Já para a *Crotalaria juncea*, guandu e o consórcio milho + *Crotalaria juncea* os dados se ajustaram a equações lineares decrescentes, onde com o aumento dos níveis de fósforo, houve diminuição na porcentagem de plântulas normais no teste de emergência em campo.

Já no segundo ano de cultivo, nos tratamentos sobre palhada de milho, guandu, mucuna-preta, milho + guandu e milho + *Crotalaria juncea* os dados se ajustaram a equações quadráticas. Em relação ao milho e ao consórcio milho + mucuna-preta, a porcentagem de emergência de plântulas no campo máxima, de acordo com o modelo, é obtida com a dose de 95 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Na cobertura de guandu e mucuna-preta de acordo com a equação ajustada, o máximo valor foi obtido na dose de 65 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente. Já em relação ao consórcio milho + guandu a porcentagem de plântulas normais no teste de emergência em campo, é obtida com a dose de 28,6 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo.

Observa-se quando utilizou o consórcio de milheto + guandu foram necessários uma quantidade menor de fósforo para alcançar a mesma porcentagem de plântulas normais.

Um fato importante a observar é que no primeiro ano de cultivo, as plantas de feijoeiro sobre vegetação espontânea apresentaram as menores porcentagem de plântulas normais no teste de emergência em campo na ausência de adubação fosfatada em comparação com os outros tratamentos (80%). Esse fato pode ser devido à quantidade reduzida de palhada e de nutriente das plantas de cobertura na superfície do solo (Tabela 3), que conseqüentemente intensificou a alta evaporação da água e o aumento da temperatura do solo com a radiação direta do solo, de forma que ocasionou a redução do vigor de sementes.

Um dos questionamentos sobre o desempenho das sementes tem sido as diferenças apresentadas com relação ao desempenho em laboratório e o desempenho em campo. Normalmente, devido às condições de laboratório serem as mais adequadas para a espécie e no campo nem sempre se tem estas condições, pode ocorrer que os valores de emergência sejam inferiores aos observados para germinação. Fato este observado neste estudo.

**Tabela 25** - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais pelo teste de emergência em solo de plantas de feijoeiro. Selviria/MS 2010.

Coberturas vegetais	Doses de Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	90 c	93,7 c	98 a	91,0 bc	RQ <sup>(1)**</sup>
<i>Crotalaria juncea</i>	90,7 c	94,0 bc	93,5 bc	95,0 ab	RL <sup>(2)**</sup>
Guandu	95,2 ab	93,2 cd	90,7 cd	86,5 d	RL <sup>(3)**</sup>
Mucuna-preta	92,5 bc	89,5 d	95,7 ab	95,7 a	RQ <sup>(4)**</sup>
Pousio	80,7 e	89,2 d	96,5 ab	90,7 c	ns
Milheto + Guandu	99,2 a	98,5 a	97,0 ab	93,0 abc	RL <sup>(5)**</sup>
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	89,2 cd	98,0 ab	87,7 d	94,5 abc	ns
Milheto + Mucuna-preta	85,7 d	84,5 e	90,0 cd	95,5 a	RQ <sup>(6)**</sup>
DMS					4,23

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01 e ns não significativo. RL= regressão linear; RQ= regressão quadrática. <sup>(1)</sup>y= 89,6 + 0,18x - 0,001 x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>= 0,65), <sup>(2)</sup>y= 91,07 + 0,03x (r<sup>2</sup>= 0,87), <sup>(3)</sup>y= 96,11 - 0,069x (r<sup>2</sup>=0,88), <sup>(4)</sup>y= 91,9 - 0,06x + 0,0008 x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,62), <sup>(5)</sup>y= 100,13 - 0,047 x (r<sup>2</sup>=0,76), <sup>(6)</sup>y= 85,64 - 0,10x + 0,001 x<sup>2</sup> (r<sup>2</sup>= 0,98).

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

**Tabela 26** - Desdobramento da interação significativa ente coberturas vegetais x doses de fósforo em semeadura para porcentagem de plântulas normais pelo teste de emergência em solo de plantas de feijoeiro. Selviria/MS 2011.

Coberturas vegetais	Doses de Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	90	120	
Milheto	90,0 d	93,7 bcd	98 a	91,0 bc	RQ <sup>(1)**</sup>
<i>Crotalaria juncea</i>	93,2 bcd	94,0 abcd	93,5 ab	95,0 a	ns
Guandu	95,2 abc	93,2 cd	90,7 b	96,5 a	RQ <sup>(2)**</sup>
Mucuna-preta	90,7 cd	94,2 abc	96,5 a	90,7 c	RQ <sup>(3)**</sup>
Pousio	92,2 bcd	89,5 d	95,7 a	95,7 a	ns
Milheto + Guandu	99,2 a	98,5 a	97,0 a	93,0 abc	RQ <sup>(4)**</sup>
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	91,7 bcd	98 ab	97,7 a	94,5 abc	RQ <sup>(5)**</sup>
Milheto + Mucuna-preta	95,7 ab	94,5 abc	90,0 b	95,5 ab	ns
DMS					4,60

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. \*\* p<0,01; \* p<0,05 e ns não significativo. RL= regressão linear; RQ= regressão quadrática. <sup>(1)</sup>y=89,6 + 0,19x - 0,001 x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,65), <sup>(2)</sup>y= 95,5 - 0,13x + 0,001x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,63), <sup>(3)</sup>y= 90,5 + 0,16x - 0,001x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>= 0,76), <sup>(4)</sup>y= 91,9 - 0,06x + 0,008 x<sup>2</sup> (r<sup>2</sup>=0,61), (5) y= 99,2 + 0,04x - 0,0007x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>= 0,98) e <sup>(6)</sup>y= 91,7 + 0,19x - 0,001x<sup>2</sup> (r<sup>2</sup>=0,99).

**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

#### 4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A *Crotalaria juncea*, os consórcio milho + mucuna-preta e milho + *Crotalaria juncea* constituem adequadas opções para produção de palhada visando o SPD no cerrado.

2. O cultivo de milho, *Crotalaria juncea*, mucuna-preta e os consórcios milho + guandu, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta proporciona recobrimento do solo superior a 80% após 14 dias de seu manejo.

3. A mucuna – preta acumula as maiores quantidades de nutrientes na biomassa.

4. Os menores valores de densidade do solo e os maiores de macroporosidade ocorrem na camada de 0 - 0,20 m. Apesar do milho não ter apresentando diferenças estatísticas significativas em relação aos outros tratamentos demonstra ser uma espécie mais promissora na melhoria dos atributos físicos.

5. Houve correlação negativa da densidade do solo com a macroporosidade e a porosidade total e correlação positiva com a microporosidade.

6. As espécies utilizadas como cobertura ocasionaram alterações nas propriedades químicas do solo. O solo mantido com milho + mucuna – preta apresentou os maiores valores de P e Ca, sobre milho apresentou os maiores valores de M.O, o guandu obteve maiores valores de K, e o consórcio milho + guandu de Mg.

7. O uso de palhada de *Crotalaria juncea*, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta como plantas de cobertura antecessora proporcionaram melhores condições para a produção do feijoeiro de inverno com economia na aplicação de fósforo em sistema plantio direto.

8. Apesar dos tratamentos avaliados terem influenciados a qualidade fisiológica das sementes de feijão, as sementes apresentaram boa germinação e alto vigor, acima de 80% em todos os testes realizados.

## 5 CONCLUSÕES

1. O uso de palhada de *Crotalaria juncea*, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta como plantas de cobertura antecessora proporcionaram melhores condições para a produção do feijoeiro de inverno com economia na aplicação de fósforo em sistema plantio direto.

2. As espécies utilizadas como cobertura ocasionaram alterações nas propriedades químicas do solo. O solo mantido com milho + mucuna – preta apresentou os maiores valores de P e Ca, sobre milho apresentou os maiores valores de M.O, o guandu obteve maiores valores de K, e o consórcio milho + guandu de Mg.

3. Os menores valores de densidade do solo e os maiores de macroporosidade ocorrem na camada de 0 - 0,20 m.

4. Apesar dos tratamentos avaliados terem influenciados a qualidade fisiológica das sementes de feijão, as sementes apresentaram boa germinação e alto vigor, acima de 80% em todos os testes realizados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 519-531, 2004.
- AE, N. et al. Phosphorus uptake by pigeonpea and its role in cropping systems of Indian subcontinent. **Science**, Washington, DC, v. 248, n. 4954, p. 477-480, 1990.
- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 305 p.
- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1988. 162 p.
- ALCÂNTARA, F. A. et al. 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.
- ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional**. Londrina: IAPAR, 1995. 482 p.
- ALMEIDA, V. P. **Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado**. 2001. 71 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- ALTMANN, N. Rotação de culturas: base da cobertura permanente do solo e da sustentabilidade em SPD. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 29-30.
- ALVARENGA, R. C. et al. 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, C. R. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP**. 2001. 83 f. Tese (Livre - Docente) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 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**, Viçosa, MG, v. 23, p. 837-845, 1999.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 241-248, 2002.

AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. Cap. 19, p. 187-199.

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 191. (Boletim Técnico, 100).

ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000.

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura do solo em pré-safra a cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

ARAÚJO, R. S. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. 786 p.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo, 1994. p. 233-248.

ARF, O.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. Incorporação de mucuna preta e de restos culturais de milho antes da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 8, p. 563-568, 1996.

ARF, O. et al. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.

ARGENTA, G. et al. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001.

ARGENTON, J. et al. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 425-435, 2005.

BALBINO, L. C. et al. Plantio direto. In: ARAUJO, R. S. et al. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 301-352.

BARBOSA, C. E. M. et al. Plantas de cobertura em região de inverno seco para semeadura direta de soja. **Científica**, Jaboticabal, 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**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 369-375, 2004.

BONAMIGO, L.A. O plantio direto no cerrado do Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1993. p. 13-16.

BORKET, C. M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretária de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

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

CALEGARI, A. et al. **Plantio direto e rotação de culturas: experiência em Latossolo roxo/1985 – 1992**. Curitiba: COCAMAR/ZENECA Agrícola, 1992. 64 p.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (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, A. M. et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 61-67, 1995.

CARVALHO, M. A. C. et al. Cultura do feijoeiro de inverno e convencional, com adubação verde. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Anais...** Goiânia: Embrapa/Arroz e Feijão, 1999. p. 642-645.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.



CARVALHO, M. A. C. et al. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo de solo em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 659-668, 2007.

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

CERETTA, C. A. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 163-171, 2002.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Adição de matéria seca 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**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 47-55, 1997.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 53-60, 2001.

CHIEN, S. H.; MENON, R. G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 41, p. 227-234, 1995.

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).

DIDONET, A. D.; MADRIZ, P. M. Abortamento de flores e vagens no feijoeiro: efeito da temperatura e da radiação solar. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. p. 55-58.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efectos del agua sobre el rendimientos de los cultivos**. Roma: FAO, 1988. 212 p. (Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33).

DUDA, G. P. et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n.1, p. 139-147, 2003.

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, p. 259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-Informação Tecnológica, 2003. 203 p.

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

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 897-904, 2001.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Evaluation of perennial herbaceous legumes with different phosphorus sources and levels in a Brazilian Ultisol. **Renewable Agriculture and Food System**, Cambridge, v. 1, n. 20, p. 56-62, 2005.

FAGERIA, N. K. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. **Tropical Agriculture**, London, v. 66, n. 3, p. 249-255, 1989.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of lowland rice and common bean grown in rotation to soil fertility levels on a varzea soil. **Fertilizer Resolutions**, Dordrecht, v. 45, p. 13-20, 1996.

FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 171-177, 2000.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 57, p. 25-29, 2000.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. Contribuição da fixação biológica de N<sub>2</sub> na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 199-215.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de mudas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GARCIA, R. N.; FORNASIERI FILHO, D.; ROSSATO JÚNIOR, J. A. de S. Influência de cultura de cobertura morta e nitrogênio sobre os componentes produtivos da cultura do feijoeiro de inverno em sucessão a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CDROM.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 477-484, 2004.

GIACOMINI, S. J. et al. 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**, Viçosa, MG, v. 27, p. 325-334, 2003.

- GOES, S. B.; OLIVEIRA, M. Adubação verde e cobertura vegetal com quatro espécies de leguminosas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico no semi-árido do Nordeste do Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996. Manaus. **Anais...** Manaus: CNPq, 1996. p. 104-105.
- GOMES, A. S.; VERNETTI JÚNIOR, F.; SILVEIRA, L. D. N. O que rende na cobertura morta. **A Granja**, Porto Alegre, v. 53, n. 588, p. 47-49, 1997.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, p. 107-111, 1985.
- 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, p. 307-313, 1999.
- GUIMARÃES, G. L. **Efeito de culturas de inverno e do pousio na rotação das culturas da soja e do milho em sistema de plantio direto**. 2000. 104 f. Dissertação (Mestrado em sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.
- GUIMARÃES, G. L. et al. Culturas de inverno e pousio na sucessão da cultura da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 339-344, 2003.
- HEINRICH, R.; FANCELLI, A. L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n.1, p. 27-32, 1999.
- HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 35, n. 2, p. 227-239, 1997.
- INFORZATO, R. Estudo do sistema radicular de *Tephrosia candida* D.C. **Bragantia**, Campinas, v. 7, p. 49-54, 1947.
- JONES, C. A. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n. 6, p. 1208-1211, 1983.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia relação solo-planta**. São Paulo: Agrocere, 1979. 264 p.
- KIKUTI, H. et al. Teores de Macronutrientes no feijoeiro em função de nitrogênio e de fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v. 2, p. 1093-1096.
- KLEIN, V. A. Densidade relativa: um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006.
- KOSLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 411 p.

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

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

LEMOS FILHO, L. C. A. et al. Variação espacial da densidade do solo e matéria orgânica em área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 193-202, 2008.

LIMA, E. R. **Sucessão de culturas e adubação verde na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em sistema de plantio direto**, 2003. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

LOURENÇO, A. J. et al. Efeito de leguminosas tropicais na matéria orgânica do solo e na produtividade do sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 263-268, 1993.

MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos/função dos nutrientes na planta. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 19-43.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das planta: 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. 3 p. (Comunicado Técnico, 42).

MIRANDA, L. N. et al. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 11, p. 1621-1627, 2002.

MIYASAKA, S. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas do Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138 p.

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

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. da UFLA, 2002. 625 p.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p. 43-57. (Circular, 23).

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

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Coords.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 147-158.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 48-85.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, I. P. et al. Avaliação de cultivares de feijão quanto a eficiência no uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 39-45, 1987.

OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, I. P. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.

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

OLIVEIRA, F. H. T. et al. 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**, Viçosa, MG, 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**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1501-1505, 2007.

PAES, J. M. V.; REZENDE, A. M. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 37-42, 2001.

PARRA, M. S.; MIRANDA, G. M. Uso de fertilizantes na cultura do feijoeiro. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Uso de fertilizantes na agricultura**. Londrina: IAPAR, 1980. p. 55-60. (Circular, 16).

PELÁ, A. et al. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 53, n.1, p. 26-33, 1999.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n.1, p. 35-40, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 344 p.

RAIJ, B. van et al. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 287 p. (Boletim técnico, 100).

REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. **Crops residue management**. New York: J. Wiley, 1994. p. 125-172. (Advances in Soil Science).

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 29-48, 2003.

RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000. 210 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

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.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 109-115, 2002.

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).

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 8, n. 45, p. 41-2, 1998.

SANTOS, H. P.; SIQUEIRA, O. J. W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, p. 163-169, 1996.

SAUER, T. J.; HATFIELD, J. L.; PRUEGER, J. H. Corn residue age and placements effects evaporation and soil thermal regime. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p. 1558-1564, 1996.

SHONNARD, G. C.; GEPTS, P. Genetic of heat tolerance during reproductive development in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 5, p. 1168-1175, 1994.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, p. 249-254, 1985.

- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, p. 113-117, 1997.
- SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 253-260, 2001.
- SILVA, T. R. B.; ARF, O.; SORATTO, R. P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 81-87, 2003.
- SILVA, E. C. et al. Aproveitamento do nitrogênio (<sup>15</sup>N) da crotalária e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, 2006.
- SILVA, M. G. et al. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008.
- SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 1, p. 63-7, 1990.
- SODRÉ FILHO, J. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas em sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 327-334, 2004.
- SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sobre diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 885-896, 2000.
- TEIXEIRA, C. M. et al. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 499-505, 2005.
- TISDALL, J. A.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 33, n. 1, p. 141-163, 1982.
- TORRES, J. L. R. et al. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 107-113, 2006.
- VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A. H. Soil density as a factor in determining the permanent wilting percentage. **Soil Science**, Philadelphia, v. 62, p. 451-456, 1948.
- VIDAL, L. S.; JUNQUEIRA NETTO, A. Efeitos da densidade de plantas e de doses de fósforo sobre algumas características de duas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 195-207, 1982.
- ZUCARELI, C. **Adubação fosfatada, produção e desempenho em campo de sementes de feijoeiro cv. Carioca Precoce e IAC Carioca Tybatã**. 2005. 183 f. Tese (Doutorado em

Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coords.). **I Curso de adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: IAC, 1993. p. 89. (Documentos IAC, n. 35).

WUTKE, E. B. et al. Rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com culturas graníferas e adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 325-338, 1998.

WUTKE, E. B. et al. **Adubação verde no Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2009. (Boletim Técnico, n. 249).

XU, X.; NIEBER, J. L.; GUPTA, S. C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 5, p. 1743-1750, 1992.

ZUCARELI, C. et al. Adubação fosfatada e tamanho na qualidade fisiológica de sementes de feijão cv. Carioca Precoce. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 271, 2003.



ANEXO A - Aspecto da área com as plantas de cobertura.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

ANEXO B - Emergência dos consórcios de milho + mucuna-preta (esquerda) e de milho + crotalaria (direita).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

ANEXO C - Emergência do consórcio de milho + guandu.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

ANEXO D - Emergência de crotalaria (esquerda) e de mucuna- preta solteira (direita).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

ANEXO E - Emergência de milho (esquerda) e de guandu solteiro (direita).



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO F - Aspecto geral do milho (à esquerda) e crotalaria (à esquerda) após 40 dias de semeadura.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO G - Aspecto geral do guandu (à esquerda) e da mucuna- preta (à esquerda) após 40 dias de semeadura.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO H - Aspecto geral da área sobre pousio.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO I - Aspecto geral dos consorcios milho + guandu (à esquerda) e milho + crotalaria (à esquerda) após 40 dias de semeadura.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO J - Aspecto geral do consorcio milho + mucuna - preta após 40 dias de semeadura.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO K - Área antes da semeadura do feijão.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO L - Emergência de plântulas de feijão.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO M - Área de feijão sobre plantas de cobertura.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.

ANEXO N - Cultura do feijão em desenvolvimento.



**Fonte:** Elaboração do próprio autor.