

Coberturas vegetais e adubação fosfatada no feijoeiro “de inverno” em sistema plantio direto

Mariana P. da Silva¹, Orivaldo Arf², Marco E. de Sá², Marcelo Andreotti² & Fabiana L. Abrantes²

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Alta Floresta, Av. Perimetral Rogério Silva, s/n, Jardim Flamboyant, CEP 78580-000, Alta Floresta-MT, Brasil . E-mail: mari_agro@hotmail.com

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil. Caixa Postal 31 . E-mail: arf@agr.feis.unesp.br; marcosa@agr.feis.unesp.br; dreotti@agr.feis.unesp.br; fabianaabrantes@hotmail.com

RESUMO

O trabalho propôs verificar o efeito da aplicação de diferentes níveis de P em semeadura no feijoeiro cultivado sob diferentes plantas de cobertura. A pesquisa foi conduzida no período de inverno de 2010 e 2011, no Município de Selvíria, MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por: milheto, crotalária, guandu, mucuna-preta, milheto + guandu, milheto + crotalária e milheto + mucuna e pousio. As subparcelas foram constituídas por ausência de adubação fosfatada e doses de P_2O_5 (60, 90 e 120 kg ha⁻¹) na forma de monoamônio fosfato (MAP). Avaliaram-se: massa seca e acúmulo de P nas plantas de cobertura, componentes produtivos, P total na parte aérea e produtividade do feijoeiro. Concluiu-se que a Crotalária, os consórcios milheto + mucuna-preta e milheto + Crotalaria, produziram quantidade suficiente de matéria seca para viabilizar o sistema de plantio direto de feijão, o uso de palhada de *Crotalaria juncea*, milheto + *Crotalaria juncea* e milheto + mucuna-preta como plantas de cobertura antecessora proporcionou melhor desenvolvimento e produção do feijoeiro de inverno com economia na aplicação de P em sistema plantio direto.

Palavras-chave: adubação de semeadura, fósforo, gramíneas, leguminosas, *Phaseolus vulgaris* L.

Phosphate fertilizer plant coverages and on the bean “winter” in no-tillage system

ABSTRACT

The survey was conducted during the winter of 2010 and 2011 in Selvíria, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The experimental design was a randomized block in a split plot with four replications. The plots consisted of: millet, sun hemp, pea, velvet bean, millet + pigeon pea, millet and millet + Crotalaria and Mucuna fallow. The subplots were represented by the absence of phosphate fertilizers and doses of P_2O_5 (60, 90 and 120 kg ha⁻¹) in the form of monoammonium phosphate (MAP). Were evaluated: plant cover, dry matter of plants, components production, total P in shoots and productivity. It was concluded that *Crotalaria juncea*, the consortium millet + black velvet bean (*Mucuna aterrima*) and millet + *Crotalaria juncea*, produced sufficient amount of dry matter to make possible the no-tillage system and the use of straw *Crotalaria juncea*, millet + *Crotalaria juncea* and millet + velvet bean as cover crops provided better development and production of bean winter saving the application of phosphorus in no-tillage system.

Key words: doses of phosphorus in seeding, phosphate, grass, leguminous, *Phaseolus vulgaris* L.

Introdução

O feijoeiro é uma das principais culturas das regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Grande parte dos solos dessas regiões é de Cerrado sendo, portanto, muito deficientes em P, tanto por efeito do pH ácido quanto pela presença de grandes proporções de óxidos de Fe e Al na fração argila, que levam à fixação de fosfatos, o que reduz drasticamente a disponibilidade e o aproveitamento pelas plantas do P aplicado (Novais & Smyth, 1999). Segundo Fageria & Baligar (1996), a deficiência de P é considerada a principal limitação primária para a produtividade do feijoeiro em regiões tropicais e se estima que mais de 50% do feijoeiro desenvolvido nessas regiões são cultivados em solos deficientes em P.

A maior parte do custo com a implantação de uma lavoura na região do cerrado brasileiro está relacionada com a correção da acidez do solo e com a adubação fosfatada (Araújo et al., 2005). Considerando a essencialidade do P para o desenvolvimento das plantas e os fosfatos um recurso natural não renovável, deve-se buscar formas de utilizá-lo eficientemente. Uma prática que resulta em aumento na recuperação do P adicionado ao solo, é a implantação de um sistema de rotação de culturas incluindo espécies com alta eficiência em extrair e utilizar o P. Plantas que possuem mecanismos estruturais, bioquímicos e fisiológicos, que permitam um aproveitamento maior do P do solo, podem ser utilizadas para se alcançar alta eficiência agrônômica da adubação fosfatada (Fernandes & Muraoka, 2002; Sousa et al., 2004)

Os resíduos das culturas e das plantas de cobertura contêm quantidades consideráveis de P em seus tecidos que, mediante sua mineralização, poderão atender a boa parte da demanda das culturas (Borkert et al., 2003)

Nos últimos anos o número de trabalhos envolvendo o uso de plantas de cobertura em consórcio tem aumentado, com o objetivo de avaliar o potencial dessa estratégia de cultivo em aumentar a produção de fitomassa e favorecer o fornecimento de nutrientes às culturas em sucessão.

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos das palhadas formadas pelo cultivo solteiro do milheto (*Pennisetum americanum* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), pousio (vegetação espontânea) e pelo consórcio milheto + guandu, milheto + crotalária e milheto + mucuna-preta sobre a cultura do feijoeiro submetida a doses crescentes de P em semeadura.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP, localizada no Município de Selvíria, MS, durante as safras de inverno de 2010 e 2011. O local apresenta, como coordenadas geográficas, 51° 22' W e 20° 22' S e altitude aproximada de 335 m. O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Segundo Centurion (1982), a temperatura média anual é de aproximadamente

25°C, precipitação total anual de 1.330 mm e a média anual de umidade relativa do ar de 66% cujos dados climáticos durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

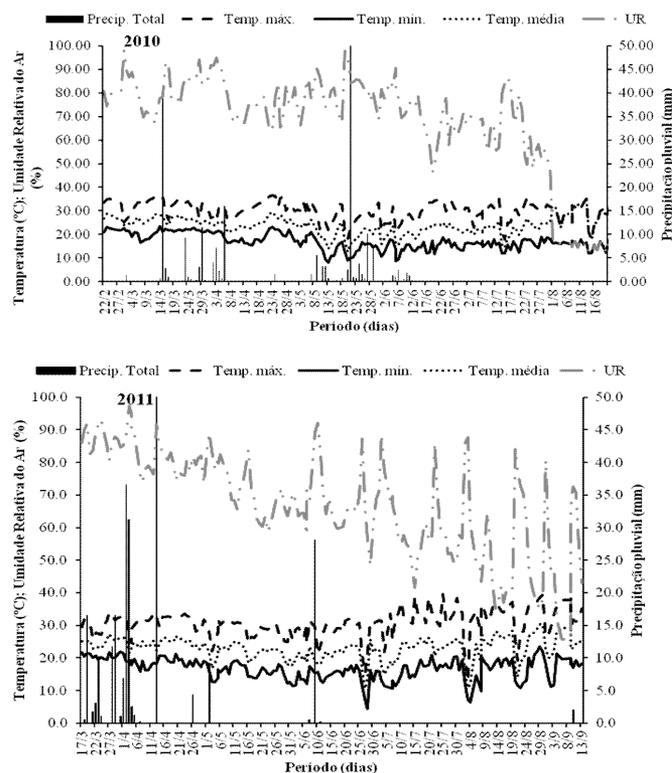


Figura 1. Valores diários médios de precipitação pluvial (mm), temperatura máxima, mínima e média (°C), coletados durante a condução do experimento (Selvíria, MS, 2010/2011)

O solo do local é considerado, de acordo com a classificação da Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. Antes da instalação do experimento foram coletadas, na profundidade de 0-0,20 m, 20 amostras simples de solo para formar uma amostra representativa da área experimental cujas características químicas foram: matéria orgânica, 16 g dm⁻³; pH (CaCl₂) 5,0; P resina 16 mg dm⁻³; K, Ca, Mg, H+Al, e Al de 1,7; 25; 14; 30 e 1 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e saturação por bases de 58%.

A área experimental vinha sendo cultivada há 10 anos no sistema plantio direto (SPD), sendo a cultura antecessora ao feijão o milho, nos dois anos de estudo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por espécies de plantas de cobertura em cultivo solteiro ou consorciadas: milheto (*Pennisetum americanum* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), milheto + guandu, milheto + crotalária e milheto + mucuna, cultivados no verão (fevereiro-março) de 2010 e de 2011, e pousio (vegetação espontânea), em que as parcelas apresentavam dimensões de 14 x 7 m.

Nas áreas em pousio predominavam espécies como *Peschiera fuchsiaefolia*, *Sida rhombifolia*, *Commelina benghalensis*, *Alternanthera tenella*, *Cenchrus echinatus* L., *Bidens pilosa* L., *Panicum maximum*.

As subparcelas foram constituídas por ausência de adubação fosfatada e doses de P_2O_5 (60, 90 e 120 kg ha⁻¹) na forma de monoamônio fosfato (MAP) contendo aproximadamente 9% de N e 48% P_2O_5 . Cada subparcela foi constituída de 7 linhas espaçadas 0,45 m entre si com 5 metros de comprimento. A área útil de avaliação foi constituída pelas linhas centrais (5 linhas), desprezando-se 0,5 m nas extremidades.

As sementeiras das plantas de cobertura foram realizadas em 22/02/2010 e 17/03/2011. O espaçamento entrelinhas foi de 0,45 m e a densidade de sementeira utilizada foi a seguinte: 15 sementes por metro para mucuna-preta; 50 sementes por metro para crotalaria; 22 sementes por metro para guandu e 58 sementes por metro para milho para uma germinação de 70%.

Nos cultivos consorciados em linhas alternadas (Milheto/Guandu; Milheto/Crotalaria e Milheto/Mucuna-preta), a densidade de sementeira foi a mesma utilizada no cultivo solteiro para ambas as coberturas vegetais, apesar de cada planta de cobertura ter exigência específica em nutrientes. Todas as espécies foram semeadas sem adubação básica de sementeira. 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 ha⁻¹ do i.a.); os restos culturais foram manejados com triturador mecânico em 07/05/2010 e 27/05/2011.

Antes do manejo das plantas de cobertura e da área de pousio foram coletadas amostras de plantas em 1,0 m² de cada parcela e determinada a produção de massa seca; após a determinação da matéria seca, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, acondicionado em sacos plásticos fechados, identificados e posteriormente conduzidos ao laboratório para determinação dos teores de P conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). O acúmulo de P nas culturas de cobertura foi obtido pelo produto da quantidade de matéria seca pelo teor dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura e foram expressos em kg ha⁻¹.

As irrigações das plantas de cobertura e da cultura do feijoeiro foram realizadas por um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão, com vazão dos aspersores de 3,3 mm h⁻¹.

A sementeira do feijoeiro foi realizada mecanicamente em 12/05/2010 e 31/05/2011 em Sistema Plantio Direto, utilizando-se a cultivar Pérola com 15 sementes por metro e espaçamento entrelinhas de 0,45 m; para o tratamento de sementes utilizaram-se os fungicidas carboxim + thiram (50 + 50 g i.a./100 kg de sementes).

O fornecimento das doses de P foi realizado na profundidade de 5 cm nos sulcos de sementeira antes da sementeira do feijoeiro. Visto que o fertilizante utilizado como fonte de P contém aproximadamente 9% de N, foi realizada a correção no fornecimento de N utilizando-se, como fonte, a ureia, de maneira que todos os tratamentos recebessem na sementeira a mesma quantidade de N (26 kg ha⁻¹ de N).

A adubação básica no sulco de sementeira foi de 175 kg ha⁻¹ da fórmula 20-0-20. A emergência ocorreu em 19/05/2010 e 07/06/2011 e aos 30 dias após a emergência das plântulas, realizou-se a adubação de cobertura aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia, conforme recomendação de Ambrosano et al. (1997).

Para o controle de plantas daninhas foi utilizado fluazifop-p-butil + fomesafem enquanto para o controle das pragas foi realizada a aplicação de deltametrina+triazofós em 2010 e 2011, endossulfan e metomil em 2010; com vista ao controle das doenças utilizou-se o fungicida mancozeb em 2010 e 2011, além de procimidona em 2011.

No período de florescimento pleno (42 DAE) foram coletadas as 3^{as} folhas com pecíolo, tomadas no terço médio de 30 plantas na área útil de cada subparcela para determinação dos teores de P, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Referente à avaliação da produtividade de grãos foram colhidas, em 19/08/2010 e 12/09/2011, 2 linhas no centro da área útil de cada subparcela, ocasião em que também foram coletadas 10 plantas por unidade experimental, nas quais foram determinados os componentes de produção, número de vagens planta⁻¹, número de grãos planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. A massa dos grãos obtida foi corrigida para 13% de umidade (base úmida), sendo os dados transformados para kg ha⁻¹.

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; com relação às doses de P_2O_5 , aplicou-se a análise de regressão.

Resultados e Discussão

As médias obtidas para produção da matéria seca das plantas de cobertura estão apresentadas na Tabela 1.

No primeiro ano (2010), a área em pousio apresentou o menor valor (MS), enquanto as demais coberturas apresentaram produção de MS variando de 7,5 a 9 t ha⁻¹, superior a 6,0 t ha⁻¹ citada 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 com a dos adubos verdes, corrobora com os 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.

Tabela 1. Produção de matéria seca e acúmulo de P nas plantas de cobertura por ocasião do corte e adição das palhadas na superfície (Selviria, MS, 2010/2011)

Tratamento	Produção de matéria seca (kg ha ⁻¹)		P (kg ha ⁻¹)	
	2010	2011	2010	2011
Cobertura vegetal				
Milheto	9.059 a	10.046 ab	26 cd	32 c
<i>Crotalaria juncea</i>	9.405 a	11.520 ab	28 bc	39 c
Guandu	8.907 a	6.974 bc	33 b	17 d
Mucuna- Preta	7.859 a	12.169 a	44 a	58 a
Pousio	3.762 b	3.237 c	10 e	15 d
Milheto + Guandu	7.500 a	10.977 ab	23 cd	41 bc
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	8.202 a	12.888 a	22 d	42 bc
Milheto + Mucuna - Preta	9.076 a	13.562 a	33 b	54 ab
DMS	2.974,2	5.186,7	5,85	13,8
CV (%)	15,73	17,37	8,96	12,9

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Em 2011 as produções de MS foram superiores às verificadas no ano anterior, fato atribuído às condições climáticas às quais as plantas de cobertura foram submetidas, com destaque para a melhor distribuição pluvial (Figura 1). A maior produção de MS foi proporcionada pelo consórcio milho + mucuna-preta, embora não diferindo dos demais consórcios e dos cultivos solteiros de *Crotalaria juncea*, milho e mucuna-preta. Oliveira et al (2002), também obtiveram maiores valores de matéria seca para o consórcio milho e mucuna-preta, com corte após 90 dias da sementeira. Em relação à mucuna-preta e 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 proteção ao solo foi excelente não diferindo significativamente da *Crotalaria juncea*.

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

O acúmulo de P na parte aérea das culturas de cobertura (Tabela 1) 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 P demonstra uma capacidade maior de ciclagem deste nutriente, característica importante para as espécies de adubos verdes a serem utilizadas nas regiões com baixo teor de P. Segundo Sodré Filho et al. (2004), o desempenho da mucuna com relação à acumulação de P pode estar associado às raízes profundas e a possíveis colonizações radiculares por fungos micorrízicos arbusculares nativos, o que ocorre naturalmente (Miranda et al., 2002).

O teor de P nas folhas do feijoeiro em 2010 (Tabela 2) não foi afetado pelas plantas de cobertura.

O mesmo foi verificado por Carvalho et al. (2007); entretanto, é importante mencionar, no trabalho acima citado, 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 P no ano de 2011 observou-se que a interação cobertura x P foi significativa, cujo desdobramento se encontra na Tabela 3.

O milho proporcionou maior incremento no teor de P na planta de feijão 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.

Nos tratamentos com restos culturais de milho, guandu, milho + guandu, os dados em 2011 de teor foliar de P em plantas de feijoeiro se ajustaram às equações quadráticas em função do aumento das doses de P aplicados em sementeira. O teor de P foliar máximo, de acordo com o modelo, é obtido com a dose de 34, 75 e 60 kg ha⁻¹ de P, respectivamente. No tratamento sobre palhada de milho + mucuna-preta verifica-

Tabela 2. Valores médios e valores de F para teor de P foliar em plantas de feijoeiro, em função de coberturas vegetais mortas e adubação fosfatada na sementeira (Selvíria, MS, 2010/2011)

Tratamentos	Teor de P foliar (g kg ⁻¹)	
	2010	2011
Coberturas vegetais (A)		
Milho	4,61	9,13
<i>Crotalaria juncea</i>	4,59	8,59
Guandu	4,50	7,74
Mucuna- Preta	4,65	8,90
Pousio	4,76	8,17
Milho+ Guandu	4,57	7,75
Milho+ <i>Crotalaria juncea</i>	4,65	9,30
Milho + Mucuna- Preta	4,85	8,49
DMS	0,42	1,01
CV ₁ (%) parcela	7,64	10,05
Doses de P (kg ha ⁻¹) (B)		
0	4,94 ⁽¹⁾	7,54
60	3,79	8,81
90	4,99	8,54
120	4,86	9,15
CV ₂ (%) subparcela	8,98	8,76
Valor de F		
Coberturas vegetais (A)	0,128 ^{ns}	1,022 ^{ns}
Doses (B)	60,288 ^{**}	27,52 ^{**}
A x B	1,176 ^{ns}	8,46 ^{**}

^{*}p < 0,01; ^{*}p < 0,05 e ^{ns} não significativo. ⁽¹⁾y = 4,87 - 0,024x + 0,0002x² (R² = 0,47)

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de P em sementeira para teor de P foliar (g kg⁻¹) de plantas de feijoeiro (Selvíria, MS, 2011)

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

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ^{*}p < 0,01; ^{*}p < 0,05 e ^{ns} não significativo. RL= regressão linear; RQ= regressão quadrática. ⁽¹⁾y = 7,96 - 0,034x + 0,0005x² (R² = 0,60), ⁽²⁾y = 7,11 + 0,03x - 0,0002x² (R² = 0,97), ⁽³⁾y = 6,67 + 0,06x - 0,0005x² (R² = 0,87) e ⁽⁴⁾y = 6,69 + 0,026x (R² = 0,91)

se aumento linear do teor de P foliar com o aumento das doses de P. É importante salientar, entretanto, que os teores de P na folha verificados em todos os tratamentos estiveram acima da faixa considerada adequada para a cultura (2,5 a 4 g kg⁻¹), de acordo com Ambrosano et al. (1997), mostrando que o solo foi um bom fornecedor de P.

A variação das doses de P₂O₅ conforme as plantas de cobertura, mostra a capacidade de absorção (ciclagem) diferente de cada planta de cobertura (Tabela 1). Verifica-se, também, maior acúmulo de matéria seca e de nutrientes no feijoeiro cultivado em 2011, isto é, uma das possíveis causas podem ter sido as precipitações verificadas e associadas à temperatura adequada que ocorreram no período em questão.

O número de vagens planta⁻¹ não foi alterado por nenhum dos fatores estudados, em ambos os anos de cultivo (Tabela 4).

Arf et al. (1996), porém, não verificaram efeito da adubação verde sobre este componente de produção. Em relação à adubação fosfatada, Vidal & Junqueira Netto (1982), constataram aumento do número de vagens por planta em função do aumento das doses de P.

Tabela 4. Valores médios e valores de F para número de vagens planta⁻¹, número de grãos planta⁻¹ e número de grãos vagem⁻¹ do feijoeiro em função de coberturas vegetais mortas e adubação fosfatada na semeadura (Selvíria, MS, 2010/ 2011)

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

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$ e ^{ns} não significativo.

Quanto ao número de grãos planta⁻¹, embora sem efeito dos tratamentos no segundo ano (2011) de cultivo (Tabela 4), no primeiro ano (2010) de cultivo do feijoeiro sobre palhada de milheto + *Crotalaria juncea* proporcionou o maior valor deste componente embora sem diferir dos tratamentos milheto + guandu, milheto + mucuna, milheto e *Crotalaria juncea*; isto 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 & Pallardy (1996) o estresse hídrico reduz a fotossíntese, tornando escassa a disponibilidade de fotossintatos para o enchimento das vagens podendo acarretar queda, fato que pode ter ocorrido nos demais tratamentos.

O número de grãos vagem⁻¹ foi alterado pelas coberturas vegetais em 2010, em que a palhada de milheto + *Crotalaria juncea* proporcionou maior valor deste componente porém sem diferir dos tratamentos com milheto + guandu, milheto + mucuna-preta e milheto, mostrando o efeito da palhada de gramíneas; mesmo assim, em 2011 não houve efeito para nenhum dos fatores estudados.

Na Tabela 5 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 nos anos de 2010 e 2011.

Quanto à massa de 100 sementes, constatou-se efeito da interação cobertura vegetal x doses de P em semeadura apenas no primeiro ano de cultivo (Tabela 6) em que o consórcio de milheto + *Crotalaria juncea* proporcionou maior incremento nesse componente.

Nos tratamentos com restos culturais de milheto, guandu e pousio, os dados de massa de 100 grãos se ajustaram às equações quadráticas. Na cobertura de guandu de acordo com a equação ajustada, o mínimo valor da massa de 100 grãos do feijoeiro foi obtido com a dose de 76,27 kg ha⁻¹ de P. Em relação ao pousio a massa de 100 grãos máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de 76,5 kg ha⁻¹ de P. Já em

Tabela 5. Valores médios e valores de F para massa de 100 grãos e produtividade do feijoeiro em função de coberturas vegetais mortas e adubação fosfatada na semeadura (Selvíria, MS, 2010/ 2011)

Tratamentos	Massa de 100 grãos (g)		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	2010	2011	2010	2011
Coberturas vegetais (A)				
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
DMS	1,46	2,12	569,83	522,10
CV ₁ (%) parcela	3,99	5,70	13,21	18,26
Doses de P (kg ha ⁻¹) (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 ₂ (%) subparcela	3,69	5,87	14,24	18,32
Valor de F				
Coberturas vegetais (A)	3,23*	1,53 ^{ns}	12,54 ^{**}	0,72 ^{ns}
Doses (B)	2,75*	1,39 ^{ns}	4,34 ^{**}	1,61 ^{ns}
A x B	3,72 ^{**}	0,94 ^{ns}	2,04*	0,59 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$ e ^{ns} não significativo

referência ao milheto, a massa de 100 grãos máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de 62,5 kg ha⁻¹ de P. Foram necessários 15 kg ha⁻¹ de P a mais na área anteriormente ocupada com o guandu e com o pousio para alcançar a mesma produtividade obtida sobre palhada de milheto. Pode-se inferir, portanto, que, provavelmente, a palhada de milheto restituiu mais P ao solo do que o guandu e o pousio, devido ao efeito da MS. No segundo ano de cultivo referida variável não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 5), fato que pode ser devido às altas temperaturas ocorridas no período de enchimento das vagens já que, segundo Shonnard & Gepts, (1994), nos estádios de prefloração (R5) e enchimento de

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de P em semeadura para massa de 100 grãos (g) de feijoeiro (Selvíria, MS, 2010)

Coberturas Vegetais	Doses de P (kg ha ⁻¹)				
	0	60	90	120	
Milheto	27,91c	32,12ba	30,33a	30,77a	RQ**(1)
<i>Crotalaria juncea</i>	31,88a	31,01cba	31,03a	31,18a	Ns
Guandu	31,57a	28,74c	30,23a	30,76a	RQ**(2)
Mucuna- Preta	30,53ba	30,47cb	30,71a	39,02a	Ns
Pousio	28,58cb	31,91ba	31,75a	30,88a	RQ**(3)
Milheto+ Guandu	30,79ba	30,61cba	31,82a	30,43a	Ns
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	31,89a	33,01a	31,26a	31,08a	Ns
Milheto + Mucuna-Preta	31,37a	31,62ba	31,03a	29,89a	Ns
DMS = 2,51					

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$ e ns não significativo. RQ = regressão quadrática. (1) $y = 28,04 + 0,09x - 0,00059x^2$ ($R^2 = 0,79$), (2) $y = 31,49 - 0,07x + 0,00056x^2$ ($R^2 = 0,84$) e (3) $y = 28,59 + 0,089x - 0,00058x^2$ ($R^2 = 0,99$)

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.

Os tratamentos influenciaram a produtividade de grãos do feijoeiro apenas no primeiro ano de cultivo (Tabela 5), embora tenha havido efeito da interação entre coberturas vegetais x doses de P (Tabela 7).

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 o enchimento de grãos. Voss & Sidiras (1985), 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. Carvalho et al. (2007), utilizando palhada de mucuna – preta e milho, obtiveram produtividades de feijoeiro no inverno de 1.747 e 1.951 kg ha⁻¹, respectivamente, valores inferiores aos obtidas neste 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 kg ha⁻¹ de P. No pousio a produtividade de grãos máxima, de acordo com o modelo, foi obtida com a dose de 73,7 kg ha⁻¹ de P.

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa entre coberturas vegetais x doses de P em semeadura para a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de feijoeiro (Selvíria, MS, 2010)

Coberturas Vegetais	Doses de P (kg ha ⁻¹)				
	0	60	90	120	
Milheto	3219dc	3738ab	4060ab	3323a	RQ*(1)
<i>Crotalaria juncea</i>	4432ba	3471ab	3951ab	3825a	ns
Guandu	3246dc	2975b	3724ab	3024a	ns
Mucuna- Preta	3639cb	3798ab	3658ab	2978a	ns
Pousio	2446d	3480ab	2963b	2929a	RQ*(2)
Milheto+ Guandu	3571dcb	3417ab	4072ab	3419a	ns
Milheto+ <i>Crotalaria juncea</i>	5073a	4011ab	4265a	3920a	RL**(3)
Milheto + Mucuna-Preta	4256cba	4211a	3719ab	3499a	RL*(4)
DMS = 1142,69					

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$ e ns não significativo. (1) $y = 3189,84 + 22,43x - 0,17x^2$ ($R^2 = 0,78$), (2) $y = 2478,12 + 25,05x - 0,17x^2$ ($R^2 = 0,79$), (3) $y = 4923,62 - 8,99x$ ($R^2 = 0,77$) e (4) $y = 4362,20 - 6,53x$ ($R^2 = 0,81$)

Entretanto, nos tratamentos com restos culturais de milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta a aplicação de P em semeadura se ajustou a uma função linear decrescente, em que, com o aumento dos níveis de P, houve diminuição da produtividade de grãos. Este 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, esta variável não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 5). A produtividade pode ter sido influenciada pela menor massa de 100 grãos somada à variável número de grãos.

Salienta-se 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.

Conclusões

A *Crotalaria juncea*, os consórcio milho + mucuna-preta e milho + *Crotalaria juncea* forneceram quantidades suficientes de matéria seca para viabilizar o sistema de plantio direto de feijão.

A mucuna-preta proporcionou o maior acúmulo de P na parte aérea demonstrando maior capacidade de ciclagem desse nutriente, característica relevante para as espécies de adubos verdes a serem utilizadas nas regiões com baixo teor de P.

O uso de palhada de *Crotalaria juncea*, milho + *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta como plantas de cobertura antecessora, proporcionou melhor desenvolvimento e produção do feijoeiro de inverno com redução na quantidade aplicada de P em sistema plantio direto.

Literatura Citada

- Amabile, R. F. Coleção de espécies vegetais para cobertura e conservação dos solos sob vegetação de cerrado: projeto de pesquisa. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1993. 4p.
- Ambrosano, E. J.; Tanaka, R. T.; Mascarenhas, H. A. A. Leguminosas e Oleaginosas. In: Raij, B. van; Quaggio, J. A.; Cantarella, H. (Eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p.189-191. (Boletim Técnico, 100).
- Araújo, W. F.; Sampaio, R. A.; Medeiros, R. D. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. Revista Ciência Agronômica, v.36, n.2, p.129-134, 2005. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/258/253>>. 29 Mar. 2013.
- Arf, O.; Sá, M. E.; Buzetti, S. Incorporação de mucuna preta e de restos culturais de milho antes da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de inverno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, n.8, p.563-568, 1996. <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4520/1806>>. 29 Mar. 2013.

- Borket, C. M.; Gaudêncio, C. de A.; Pereira, J. E.; Pereira, L. R.; Oliveira Júnior, A. de. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.1, p.143-153, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000100019>>.
- Carvalho, M. A. C.; Soratto, R. P.; Alves, M. C.; Arf, O.; Sá, M. E. Plantas de cobertura, sucessão de culturas e manejo de solo em feijoeiro. *Bragantia*, v.66, n.4, p.659-668, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000400016>>.
- Centurion, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. *Científica*, v.10, n.1, p.57-61, 1982.
- 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).
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa-Informação Tecnológica, 2003. 203p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa-Serviço de Produção de Informação, 2006. 306p.
- 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 Research*, v.45, n.1, p.13-20, 1996. <<http://dx.doi.org/10.1007/BF00749876>>.
- Fernandes, C.; Muraoka, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solos de cerrado. *Scientia Agrícola*, v.59, n.4, p.781-787, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000400024>>.
- Floss, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. *Plantio direto*, n.57, p.25-29, 2000.
- Koslowski, T. T.; Pallardy, S. G. *Physiology of woody plants*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 411p.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.
- Miranda, L. N.; Azevedo, J. A.; Miranda, J. C. C.; Gomes, A. C. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.11, p.1621-1627, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002001100014>>.
- Novais, R. F.; Smyth, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- Oliveira, T. K.; Carvalho, G. J.; Moraes, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.8, p.1079-1087, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000800005>>.
- Perin, A.; Santos, R. H. S.; Urquiaga, S.; Guerra, J. G. M.; Cecon, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.1, p.35-40, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100005>>.
- Salton, J. G.; Pitol, C.; Erbes, E. Cultivo de primavera: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul. Maracaju: Fundação MS, 1993. 6p. (Informativo técnico, 1).
- Shonnard, G. C.; Gepts, P. Genetic of heat tolerance during reproductive development in common bean. *Crop Science*, v.34, n.5, p.1168-1175, 1994. <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400050005x>>.
- Sodré Filho, J.; Cardoso, A. N.; Carmona, R.; Carvalho, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.4, p.327-334, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000400005>>.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E.; Rein, T. A. Adubação com fósforo. In: Sousa, D. M. G.; Lobato, E. (Eds.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.147-168.
- 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 & Prática*, v.6, n.2, p.195-207, 1982.
- Voss, M.; Sidiras, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com o plantio convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.20, n.7, p.775-782, 1985.