

Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto

Tiago Roque Benetoli da Silva^{1*}, Orivaldo Arf² e Rogério Peres Soratto¹

¹Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, C.P.237, 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: benetoli@fca.unesp.br

RESUMO. O trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação de diferentes níveis de nitrogênio em cobertura no feijoeiro, *Phaseolus vulgaris* L., cultivado sob diferentes coberturas vegetais. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em um esquema de parcelas subdivididas com 4 repetições. Avaliaram-se: cobertura vegetal, matéria seca das plantas, população de plantas, componentes produtivos, N total na parte aérea e nos grãos e produtividade. Concluiu-se que a *Crotalaria juncea* e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) proporcionaram a melhor cobertura do solo no período avaliado, com a *Crotalaria juncea* apresentando a maior quantidade de matéria seca; as diferentes coberturas vegetais não influenciaram significativamente a produtividade do feijoeiro cultivado em sucessão; a aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura aumentou a produtividade do feijoeiro, entretanto, mesmo onde não houve aplicação do fertilizante, a produtividade foi superior a 2000 kg ha⁻¹, de forma que uma análise econômica passa a ser um fator importante para a tomada de decisão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, nitrogênio, cobertura vegetal, cultivo seqüencial.

ABSTRACT. Soil nitrogen and crop residues in bean development on no-tillage system in direct sowing. The aim of this study was to evaluate the side dressing nitrogen effect, in common bean, *Phaseolus vulgaris* L., on no tillage system under different crop residues. The used design consisted of randomized blocks in a split-plot scheme with four replications. Crop residues, number of days for the bloom, dry matter weight, stand, number of pod and seeds per plant, number of seeds per pod, weight of 100 seeds, N in leaves and seeds and yield were evaluated. The results showed that: the *Crotalaria juncea* and black velvet bean (*Mucuna aterrima*) proved the best crop residue, and the *Crotalaria juncea* had the highest dry matter weight; there was not crop residues influence under common bean yield; the side dressing nitrogen application increased the production. However, even where there was not N application, the yield was higher to 2000 kg ha⁻¹, therefore an economic analysis is an important factor in making decision.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, nitrogen, crop residues, sequential cropping.

Introdução

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 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 de plantio direto diminui significativamente as perdas de terra por erosão.

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 plantio direto (Balbino *et al.*, 1996). Entretanto, deve-se ter 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 nabo forrageiro e tremoço, e no desenvolvimento vegetativo e radicular quando semeado depois de trigo, aveia, centeio, tremoço e nabo forrageiro.

Em um experimento realizado no município de Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás, sob um Latossolo Vermelho-Escuro, objetivando verificar a resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos de solo, Stone e Moreira (2001) concluíram que a produtividade da cultura em sistema de plantio direto aumentou com o tempo de adoção desta prática.

Avaliando a rotação de culturas e adubação verde sobre o rendimento do feijoeiro de inverno Arf et al. (1999) observaram que a incorporação de mucuna-preta praticamente dobrou a produtividade de grãos de feijão em relação ao tratamento com incorporação apenas de palhada de milho; as maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos com incorporação de mucuna-preta, lab-lab e milho + mucuna-preta semeada 100 dias após a semeadura do milho, e a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N aumentou em 17,8% a produtividade do feijoeiro.

Para obtenção de boa produtividade o fornecimento de nutrientes é fundamental, principalmente de nitrogênio que, em geral, é o elemento que as plantas mais necessitam e, como o feijão é uma cultura exigente em termos nutricionais, evidencia-se a importância da adubação bem feita, visando suprir à necessidade da cultura (Malavolta, 1979).

O presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação de diferentes níveis de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹) em feijão de inverno, semeado em sistema de plantio direto, após diferentes coberturas vegetais (milho, milheto, arroz, mucuna-preta, soja, *Crotalaria juncea* e milho + mucuna-preta).

Material e métodos

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico, álico, caulínico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5°C e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80% (média anual).

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, seguindo a metodologia proposta por Raij e Quaggio (1983), apresentando 19 mg.dm⁻³ de fósforo; 18g dm⁻³ de M.O.; 5,5 pH em CaCl₂; 1,9; 21; 13; 22,3;

35,9; 57,9 m molc dm⁻³ de K, Ca; Mg, H+Al, SB, CTC, respectivamente, e V% = 62.

A área foi utilizada há três anos com o sistema de plantio direto, com milho e feijão antes das culturas de verão instaladas para propiciar as diferentes coberturas vegetais para o feijoeiro, as quais foram:

Milho (*Zea mays* L.): semeado no dia 07 de dezembro de 2000, em um espaçamento de 0,90 m entrelinhas, e com 5 sementes por metro, utilizando-se o híbrido triplo CO-32.

Milheto (*Pennisetum typhoides* L.): semeado no dia 6 de fevereiro de 2001, em um espaçamento de 0,23 m entrelinhas, e com aproximadamente 20 kg ha⁻¹ de sementes.

Arroz (*Oryza sativa* L.): semeado no dia 07 de dezembro de 2000, em um espaçamento de 0,45 m entrelinhas e com 50-60 sementes viáveis por metro, utilizando-se o cultivar IAC 202.

Mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy.): semeada no dia 7/12/2000, em um espaçamento de 0,45 m entrelinhas, e com 4 sementes por metro.

Soja [*Glycine max* (L.) Merrill]: semeada no dia 07 de dezembro de 2000, em um espaçamento de 0,45 m entrelinhas e com 16-20 sementes viáveis por metro, utilizando-se a variedade IAC 15-1.

Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.): semeada no dia 07 de dezembro de 2000, em um espaçamento de 0,45 m entrelinhas e com 30 sementes viáveis por metro.

Milho + mucuna-preta (*Zea mays* L. + *Mucuna aterrima* Piper & Tracy.): a implantação do milho foi semelhante ao cultivo solteiro e a mucuna-preta foi semeada nas suas entrelinhas no dia 21 de fevereiro de 2001, ou seja, aos 75 dias após a semeadura do milho (DAS).

Utilizando-se como base os resultados da análise do solo, adotou-se como adubação geral para a área experimental, a aplicação de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10 + 0,3% de zinco, sendo o adubo aplicado mecanicamente com espaçamento de 0,45 m entrelinhas. Após foi realizada semeadura manual das culturas já mencionadas.

A colheita foi realizada manualmente para cada cultura, no dia 10 de abril de 2001, no caso do milho, a espiga foi retirada com a palha. No caso da soja, foi trilhada mecanicamente e os restos vegetais foram devolvidos de forma homogênea à área experimental. Após a colheita foi passado na área o triton, acoplado a um trator, com o objetivo de distribuir os restos vegetais na área de maneira uniforme. Antes da implantação da cultura do feijão foi aplicado o herbicida glifosate (1560 g ha⁻¹ i.a.) na

área, com objetivo de dessecar todas as plantas remanescentes.

Para o feijoeiro, a adubação básica nos sulcos de semeadura foi realizada, levando-se em consideração as características químicas do solo já descritas e as recomendações de Ambrosano *et al.* (1996), utilizando 250 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10 + 0,3% de zinco, junto com a semeadura realizada mecanicamente, no dia 25 de abril de 2001, utilizando o cultivar IAC Carioca Eté, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 12-13 sementes viáveis por metro. A emergência ocorreu no dia 1 de maio de 2001, de maneira uniforme em todas as parcelas.

O fornecimento de nitrogênio em cobertura foi realizado dia 24 de maio de 2001, aos 24 dias após a emergência das plantas (DAE). A fonte de N foi uréia e, após a aplicação, foi efetuada irrigação com a finalidade de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização.

As irrigações foram realizadas através de irrigação por aspersão convencional. Os demais tratamentos culturais e fitossanitários foram os normalmente recomendados à cultura do feijão “de inverno” para a região. O florescimento pleno das plantas se deu aos 42 dias após a emergência. A colheita foi realizada manualmente no dia 26/07/2001, totalizando um ciclo de 87 dias.

Para análise dos restos vegetais remanescentes das culturas de verão (cobertura vegetal), utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados com um único fator, ou seja, as diferentes coberturas vegetais. Para os dados provenientes da colheita do feijoeiro, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados disposto em um esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de diferentes tipos de cobertura vegetal morta (milho, milheto, arroz, mucuna-preta, soja, Crotalaria juncea e milho + mucuna-preta) caracterizando a parcela e diferentes níveis de nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹) nas subparcelas, totalizando 42 tratamentos com 4 repetições. As subparcelas foram constituídas por 6 linhas de 6 m de comprimento, sendo considerada como área útil as 4 linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em ambas extremidades de cada linha.

Foi realizada análise de variância pelo teste F para todos os dados. Quando o valor de F foi significativo a 5% de probabilidade, aplicou-se o teste Tukey, para comparação das médias das parcelas, e análise de regressão, para as médias das subparcelas.

No presente experimento foram realizadas as seguintes avaliações:

Massa de matéria seca dos restos vegetais: foi realizada com a coleta de 0,5 m² dos restos vegetais no solo após o manejo do triton na área experimental, acondicionados em sacos de papel, estes devidamente identificados e levados para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C, até atingir massa constante, o que aconteceu em 72 horas;

Cobertura: as avaliações do percentual de cobertura morta foram realizadas imediatamente, 7 e 14 dias após o manejo do triton na área, pelo método do Ponto Quadrado proposto por Spedding e Large (1957). Neste período de avaliação da cobertura vegetal (10 até 25 de abril de 2001), ocorreram precipitações na ordem de 45,3 mm, distribuídos nos dias 10/4 (7,1 mm), 21/4 (36 mm), 23/4 (1,2 mm) e 24/4 (1 mm), com uma temperatura média neste período de 27°C.

Massa de matéria seca da parte aérea das plantas: por ocasião do florescimento pleno das plantas, foram coletadas, em local pré-determinado na área útil de cada subparcela, 10 plantas que foram levadas ao laboratório, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70°C, até atingir peso constante.

População de plantas: por ocasião da colheita, foi avaliada a população de plantas através da contagem das plantas da área útil das subparcelas.

Componentes de produção: por ocasião da colheita, foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada subparcela, e levadas para o laboratório para determinação de número de vagens / planta; número de grãos / planta; número médio de grãos / vagem. A massa de 100 grãos foi obtida através da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 100 grãos por subparcela.

Análise do nitrogênio total nas folhas e nos grãos: para determinação do teor de N total, foram utilizadas todas as folhas das plantas coletadas em cada unidade experimental, durante o período de florescimento pleno. Os grãos foram coletados após a colheita, representado por uma pequena amostra de cada subparcela. Ambos foram submetidos a uma lavagem rápida com água destilada e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 60 - 70°C, as folhas por 72 horas e os grãos por 120 horas. A seguir, moídos em moinho tipo Willey para em seguida, sofreram a digestão sulfúrica e a análise conforme metodologia de Sarruge e Haag (1974).

Produtividade de grãos: as plantas da área útil de cada subparcela foram arrancadas e deixadas para secar a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilhagem mecânica, os grãos foram

pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

Resultados e discussão

Observando a Tabela 1, nota-se que em todas as avaliações da porcentagem de cobertura a soja apresentou uma menor cobertura do solo, mesmo sendo realizada a colheita mecanizada, em que os restos vegetais são devolvidos à área. A cultura da soja é bastante difundida no sistema de plantio direto, principalmente na região Centro-Oeste do Brasil, por causa do seu retorno econômico direto. Entretanto, a escolha da cobertura vegetal deve ser feita no sentido de obter grande produção de biomassa (Balbino *et al.*, 1996). Nota-se que a soja foi a terceira cultura que proporcionou maior quantidade de matéria seca (9244 kg ha⁻¹). Tanto o milho, o milho e o arroz apresentaram maior cobertura do solo, mesmo com valores inferiores de matéria seca em relação à soja, possivelmente por causa de pequenas falhas e imperfeições que provavelmente ocorreram no momento da distribuição dos restos vegetais, a qual foi feita manualmente, após a trilhagem das plantas de soja. Nas outras culturas a homogeneidade foi alcançada por causa do triton para distribuição dos restos culturais.

Tabela 1. Valores médios referentes às avaliações da porcentagem de cobertura vegetal e à matéria seca dos restos vegetais. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001

Cobertura Vegetal	Cobertura			Matéria Seca kg ha ⁻¹
	após o triton	7 dias após o triton	14 dias após o triton	
Milho	100,0 a	98,5 a	84,5 b	5799 d
Mucuna-preta	100,0 a	100,0 a	87,9 ab	10310 b
Arroz	98,5 a	94,5 a	79,5 c	4965 d
Soja	91,8 b	86,7 b	71,2 d	9244 bc
Milhoeto	100,0 a	96,8 a	83,7 b	6361 d
<i>Crotalaria juncea</i>	100,0 a	100,0 a	90,5 a	15201 a
Milho + mucuna preta	100,0 a	98,5 a	84,5 b	7349 cd
CV(%)	0,52	1,53	1,08	13,65

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

A *Crotalaria* proporcionou a maior quantidade de matéria seca (15201 kg ha⁻¹). Resultado semelhante foi obtido por Amabile *et al.* (2000) que, em condições de cerrado, observaram que a *Crotalaria juncea* apresentou a maior produção de matéria seca, aproximadamente 17.000 kg ha⁻¹, constituindo-se excelente cultura para o sistema agrícola, levando-se ainda em consideração o retorno indireto, ou seja, os benefícios gerados às culturas complementares, como reciclagem de nutrientes, aumento da matéria orgânica (Balbino *et al.*, 1996).

Em relação a mucuna-preta, apesar de ser uma leguminosa com uma 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 estatisticamente da *Crotalaria juncea*. Esta, por ter uma quantidade maior de caule, constituiu uma cobertura de solo com teor maior de lignina, tendendo ao longo do tempo ter decomposição mais lenta. O milho, que também proporcionou boa cobertura de solo, não produziu uma quantidade alta de matéria seca.

Já o milho e o milho + mucuna-preta apresentaram comportamento semelhante em relação às análises de cobertura do solo e matéria seca, concluindo que a presença da mucuna-preta nas entrelinhas do milho não interferiu no resultado final da cobertura do solo.

A avaliação da população de plantas de feijão nos diversos tratamentos não foi submetida à análise da variância, visto que o 'stand final' foi homogêneo com variação máxima de 22.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 2). Em um experimento realizado por Shimada *et al.* (2000), com o objetivo de verificar o efeito causado no feijoeiro de inverno por diferentes populações de plantas, verificaram que tal diferença poderá causar efeitos nos outros parâmetros somente se for superior a 100 mil plantas ha⁻¹. Horn *et al.* (2000), estudando uma variação de população de 100, 200, 350 e 500 mil plantas ha⁻¹ de feijão, em condições de cerrado, não encontraram diferenças para a maioria das características agrônomicas estudadas.

Tabela 2. Populações de plantas obtidas para o feijoeiro em função de diferentes coberturas vegetais e níveis de nitrogênio aplicado em cobertura. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001

Parcelas Coberturas vegetais	População de plantas (plantas ha ⁻¹)
Arroz	237000
Milhoeto	227000
Milho	237000
Mucuna-preta	237000
Soja	249000
<i>Crotalaria juncea</i>	234000
Milho + Mucuna-preta	241000
Subparcelas	
Nitrogênio em cobertura (kg ha ⁻¹)	
0	234000
30	245000
60	242000
90	238000
120	227000
150	238000

Os resultados da avaliação das diversas características agrônomicas do feijoeiro, em função das coberturas vegetais e diferentes níveis de adubação nitrogenada estão apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6. Houve efeito significativo da cobertura vegetal e níveis de nitrogênio para a massa seca de

plantas e efeito significativo da interação cobertura vegetal x níveis de N para a massa seca de plantas, número de vagens por planta e número de grãos por planta. Além disso, a análise de regressão para os níveis de nitrogênio aplicados em cobertura mostrou efeito significativo para a massa seca de plantas. Somente o número de grãos por vagem não apresentou diferença significativa, mostrando que é uma característica intrínseca do cultivar.

Tabela 3. Desdobramento da interação significativa referente à massa seca de plantas. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Tratamentos Coberturas Vegetais	Massa de Matéria Seca (g planta ⁻¹)						
	Níveis de adubação nitrogenada (kg ha ⁻¹)						
	0	30	60	90	120	150	Média Função
Arroz	3,9 c	7,06	6,70 b	5,47	5,84	7,21 ab	6,04 c (1)
Milheto	6,3 abc	5,87	9,80 a	5,87	6,34	7,09 ab	6,88 bc
Milho	6,3 abc	6,61	7,04 b	6,64	7,04	7,88 ab	6,93 bc
Mucuna preta	5,9 bc	7,51	7,02 b	8,09	6,91	6,91 ab	7,06 bc
Soja	5,0 bc	7,38	7,02 b	8,01	6,29	5,82 b	6,59 bc (2)
<i>Crotalaria juncea</i>	8,7 a	7,88	9,13 ab	7,88	8,39	8,58 a	8,43 a
Milho + Mucuna preta	5,9 bc	8,15	7,25 ab	6,87	6,74	7,13 ab	7,22 b
D.M.S. (5%)	2,71						

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey;
 (1) $Y = 4,073 + 0,152x - 0,0023x^2 + 0,00001x^3$ $r^2 = 0,95$;
 (2) $Y = 5,294 + 0,060x - 0,0003x^2$ $r^2 = 0,80$

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa referente ao número de vagens por planta. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001

Tratamentos Coberturas Vegetais	Número de vagens por planta						
	Níveis de adubação nitrogenada (kg ha ⁻¹)						
	0	30	60	90	120	150	Média Função
Arroz	9,6	11,4	12,3	9,9	9,1 ab	10,5 ab	10,4
Milheto	9,1	9,5	11,2	11,1	9,2 ab	8,2 b	9,7
Milho	12,1	10,1	9,1	8,8	11,5 ab	13,9 a	10,9 (1)
Mucuna preta	10,2	12,4	10,7	12,4	8,4 b	10,7 ab	10,8
Soja	9,7	10,7	8,9	9,4	12,5 ab	11,1 ab	10,4
<i>Crotalaria juncea</i>	10,5	8,1	12,2	9,7	13,7 a	14,1 a	11,3 (2)
Milho + Mucuna preta	11,1	11,0	7,9	9,1	11,2 ab	11,5 ab	10,3
D.M.S. (5%)	5,11						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey
 (1) $Y = 12,116 - 0,095x + 0,0007x^2$ $r^2 = 0,97$
 (2) $Y = 9,126 + 0,030x$ $r^2 = 0,65$
 (3) $Y = 11,431 - 0,063x + 0,0004x^2$ $r^2 = 0,70$

Para massa seca da parte aérea das plantas, nota-se que a interação cobertura x nitrogênio foi significativa, o desdobramento se encontra na Tabela 3, sendo que em geral a *Crotalaria juncea* proporcionou maior incremento nessa característica concordando com Wutke *et al.* (1998) que, avaliando o rendimento do feijoeiro irrigado em rotação com gramínea e adubos verdes, notaram que a utilização da *Crotalaria juncea* é extremamente viável na rotação com feijoeiro, aumentando sua massa seca. Nos tratamentos com restos culturais de arroz e de soja, os dados de massa seca de plantas se ajustaram a

equações cúbica e quadrática, respectivamente, em função do aumento dos níveis de nitrogênio aplicado em cobertura.

Tabela 5. Desdobramento da interação significativa referente número de grãos por planta. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001.

Tratamentos Coberturas Vegetais	Número de grãos por planta						
	Níveis de adubação nitrogenada (kg ha ⁻¹)						
	0	30	60	90	120	150	Média Função
Arroz	46,1	53,3	53,3 ab	48,5	42,4 ab	50,2 ab	49,6 ab
Milheto	46,8	44,7	52,1 ab	54,7	45,1 ab	50,5 ab	47,1 b
Milho	64,1	48,5	45,9 ab	43,8	60,7 ab	70,4 a	55,6 ab (1)
Mucuna-preta	48,8	63,2	50,8 ab	54,1	40,8 b	55,7 ab	52,2 ab (2)
Soja	49,3	52,0	43,2 ab	48,3	59,7 ab	53,4 ab	51,0 ab
<i>Crotalaria juncea</i>	51,8	42,1	65,9 a	50,3	69,8 a	75,1 a	59,1 a (3)
Milho + Mucuna preta	59,1	54,3	36,6 b	47,1	60,7 ab	59,9 ab	52,3 ab (4)
D.M.S. (5%)	27,4						

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey
 (1) $Y = 63,058 - 0,545x + 0,0040x^2$ $r^2 = 0,94$
 (2) $Y = 49,347 + 0,730x - 0,0138x^2 + 0,00006x^3$ $r^2 = 0,70$
 (3) $Y = 46,055 + 0,174x$ $r^2 = 0,69$
 (4) $Y = 59,552 - 0,420x + 0,0029x^2$ $r^2 = 0,68$

Tabela 6. Massa de 100 grãos N total na parte aérea e nos grãos e produtividade de grãos do feijoeiro em função de diferentes coberturas vegetais e níveis de nitrogênio aplicado em cobertura. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2001

Tratamentos	Massa de 100 grãos	N total da parte aérea	N nos grãos	Produtividade
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Coberturas Vegetais				
Arroz	23,4 a	36,4 a	39,1 a	2030 a
Milheto	22,9 a	36,1 a	37,7 a	2046 a
Milho	22,5 a	35,8 a	40,1 a	2078 a
Mucuna-preta	23,0 a	36,8 a	40,2 a	2225 a
Soja	23,1 a	36,1 a	39,5 a	2000 a
<i>Crotalaria juncea</i>	23,0 a	33,2 a	39,7 a	2271 a
Milho + Mucuna-preta	22,6 a	36,9 a	40,1 a	2101 a
CV (%)	3,5	3,5	3,4	9,7
Nitrogênio em cobertura (kg ha ⁻¹)				
0	22,6	35,6	39,4	2005
30	23,1	36,0	39,3	2107
60	23,2	37,4	38,9	2082
90	23,1	35,1	38,7	2131
120	22,6	35,1	40,1	2132
150	22,8	36,1	39,2	2187
CV (%)	4,9	10,8	6,1	13,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey
 (1) $2033,38 + 0,99x$ $r^2 = 0,82$

O desdobramento da interação referente ao número de vagens por planta está apresentado na Tabela 4. Nota-se que houve apenas efeito significativo entre as coberturas vegetais nos níveis de 120 e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, onde o cultivo do feijão após a *Crotalaria juncea* propiciou a obtenção do maior número de vagens por planta nos dois níveis de N utilizados e houve destaque também para o feijão cultivado após milho no nível de 150 kg ha⁻¹ de N, em relação a este parâmetro. Na média, observa-se que o feijoeiro apresentou

comportamento semelhante em todas as coberturas vegetais utilizadas.

Para o cultivo após milho, *Crotalaria* e milho + mucuna-preta a aplicação de níveis crescentes de nitrogênio se ajustaram às funções linear, quadrática e linear respectivamente, concordando com os dados de Calvache (1997), onde comprovaram em seus experimentos que o N em cobertura afetou o número de vagens/planta.

Na Tabela 5, está apresentado o desdobramento para o número de grãos por planta e a cobertura propiciada pelo milheto, na média, apresentou certa tendência a um menor incremento neste parâmetro. O cultivo do feijoeiro após milho se ajustou a uma função quadrática, após mucuna-preta a uma função cúbica, após a *Crotalaria* a uma função linear e após milho + mucuna-preta se ajustou a uma função quadrática em resposta a aplicação de diferentes níveis de N. Esses resultados concordam com Calvache (1997) e Silva *et al.* (2000), pois concluíram em seus experimentos que a aplicação de doses crescentes de N no solo influenciam no número de sementes por planta.

Na Tabela 6, estão apresentados os quadrados médios referentes à massa de 100 grãos, N total da parte aérea e nos grãos e a produtividade do feijoeiro. Nota-se que não houve resultado significativo do tipo de cobertura, níveis de nitrogênio ou mesmo das interações para o número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e para a produtividade. Esses resultados concordam com Arf *et al.* (1999) que, trabalhando com doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão de inverno, sob sistema de plantio direto, verificaram que não houve efeito significativo para os parâmetros avaliados. Além disso, a análise de regressão para os níveis de nitrogênio aplicados em cobertura mostrou efeito significativo apenas para a produtividade de grãos.

Os dados médios obtidos na avaliação dessas (Tabela 6) mostram que a aplicação de níveis crescentes de N, bem como a utilização de diferentes coberturas vegetais não influenciaram significativamente a massa de 100 grãos os teores de nitrogênio total na parte aérea e nos grãos. Observa-se ainda que, em todas as coberturas vegetais e níveis de nitrogênio aplicados em cobertura, as plantas apresentaram, na época do florescimento, teores adequados de N na parte aérea (Malavolta *et al.*, 1980). Isso, provavelmente, ocorreu devido ao suprimento das necessidades das plantas pelo nitrogênio presente no solo ou obtido em todos os tratamentos.

O teor de N nos grãos dá uma idéia do estado nutricional da planta e do teor de proteínas nos mesmos, podendo-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6), indicando então um equilíbrio no estado nutricional da planta e no teor de proteína dos grãos do feijoeiro cultivado em diferentes coberturas vegetais e com diferentes níveis de adubação nitrogenada em cobertura. No presente trabalho verificou-se que as diferentes coberturas vegetais não apresentaram diferença significativa pelo teste F. Entretanto, dentro do contexto econômico nacional, dificilmente um agricultor irá deixar de cultivar a cultura da soja no verão para semear a *crotalaria*, porém, deve-se ressaltar que, dentro de um sistema de produção, com cultivo no sistema de plantio direto, uma opção seria entrar com adubos verdes, no caso, a *crotalaria*, em uma pequena parte da área, em um sistema de rotação de culturas, visando a melhoria das características da área e o aumento da matéria orgânica no solo (Wutke, 1998).

A aplicação de nitrogênio em cobertura se ajustou a uma função linear onde, com o aumento dos níveis de nitrogênio, houve aumento na produtividade de grãos. Os resultados obtidos concordam com os obtidos por Oliveira *et al.* (1996) e Soratto *et al.* (2000), os quais obtiveram um aumento significativo na produtividade de grãos com o aumento dos níveis de N aplicado em cobertura. Por outro lado, pode-se observar que a adição de 150 kg ha⁻¹ de N propiciou um acréscimo de apenas 9% na produtividade em relação ao tratamento testemunha. Incrementos maiores foram encontrados nos trabalhos de Fronza *et al.* (1994) que obtiveram um aumento de 72% em relação à testemunha, Silva *et al.* (2000) obtiveram um incremento de 65%, mostrando então a eficiência da adubação em cobertura, confirmando que o feijoeiro pode responder a doses elevadas de nitrogênio. Vários fatores podem explicar este pequeno incremento, tais como a hipótese de o nitrogênio presente no solo ter sido suficiente para suprir as necessidades da cultura do feijão, ou mesmo simbiose com rizóbios nativos do solo; pode ainda ter ocorrido a mineralização dos resíduos vegetais disponibilizando N à cultura do feijão.

Referências

- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. *Guia de herbicidas: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional*. Londrina: Iapar, 1995, 482p.
- AMABILE, R.F. *et al.* Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e

- espaçamentos na região dos Cerrados. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.
- AMBROSANO, E.J. *et al.* Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2ªed. Campinas: IAC, p.194-195, 1996 (Boletim Técnico 100).
- ARF, O. *et al.* Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.
- BALBINO, L.C. *et al.* Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós, 1996.
- CALVACHE, A.M. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso da água em uma cultura do feijão. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v.54, n.3, p.232-240, 1997.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSO, 1999. 41p.
- FRONZA, V.; *et al.* Resposta de cultivares eretos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a espaçamentos entrelinhas e níveis de adubação. *Rev.Ceres*, Viçosa, v.41, n.235, p.317-326, 1994.
- HORN, F.L. *et al.* Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, n.1, v.35, p.41-46, 2000.
- MALAVOLTA, E. Adubos nitrogenados. In: MALAVOLTA, E. *ABC da Adubação*. São Paulo: Ceres, 1979. p.26-30.
- MALAVOLTA, E. *et al.* Deficiências e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca). *Anais da Esalq*, Piracicaba, v. 37, n .2, p. 701-718, 1980.
- OLIVEIRA, I.P. *et al.* *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996.
- RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim Técnico, 81).
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: Esalq, 1974. 56p. (mimeografado).
- SHIMADA, M.M. *et al.* Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. *Bragantia*, Campinas, v.59, p.77-83, 2000.
- SILVA, T.R.B. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. *Cult. Agr.*, Ilha Solteira, v.9, p.1-17, 2000.
- SORATTO, R.P. *et al.* Feijoeiro irrigado e aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. *Cult. Agric.*, Ilha Solteira, v.9, p.115-32, 2000.
- SPEEDING, C.R.W.; LARGE, R. A point quadrat method for the description of pasture in terms of height and density. *J. Br. Gras. Soc.*, Liverpool, v.12, 1957. p.229-234.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.36, n.3, p.473-81, 2001.
- 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.* I Curso de adubação verde no Instituto Agronômico, Campinas: IAC, 1993.

Received on May 15, 2002.

Accepted on March 26, 2003.