

# Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio

Rogério Peres Soratto<sup>1\*</sup>, Orivaldo Arf<sup>2</sup>, Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues<sup>3</sup>, Salatiér Buzetti<sup>3</sup> e Tiago Roque Benetoli da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, C.P. 237, 18603-970 Botucatu, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia, Unesp, C.P. 31, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus de Ilha Solteira C.P. 31, 15.385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: soratto@fca.unesp.br

**RESUMO.** Com o objetivo estudar o comportamento do cultivar de feijoeiro IAC Carioca Eté, em função do preparo do solo, manejo de água e parcelamento da adubação nitrogenada, no período “de inverno”, foi instalado um experimento no município de Selvíria-MS, no ano de 2000. O delineamento foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com as subparcelas em faixas e quatro repetições. Foram utilizados três preparos do solo (grade pesada, escarificador e plantio direto), três níveis de irrigação por aspersão (L1 = 0,75L2, L2 = lâmina calculada com base nos Kcs recomendados por Doorenbos e Kassan (1979) e L3 = 1,25L2) e quatro formas de parcelamento do nitrogênio (0-75, 25-50, 50-25 e 75-0 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e em cobertura, respectivamente). O preparo do solo com grade proporcionou maior produtividade do feijoeiro comparado com plantio direto e não diferiu do escarificador. O feijoeiro não apresentou redução na produtividade, mesmo com utilização de um coeficiente de cultura 25% menor que o recomendado, para reposição de água na cultura. A aplicação de todo o nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade do feijoeiro.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, grade, escarificador, plantio direto, níveis de irrigação.

**ABSTRACT. Common bean response to soil tillage, water management and nitrogen split application.** IAC Carioca Eté cultivar is evaluated with regard to soil and water management and nitrogen split application, during the winter, in Selvíria MS, Brazil. Randomized completely block design, in split-split plot scheme, with subplots in strips, with four replications, was used. Plots consisted of three soil management systems: harrow disk, chisel plough and no-tillage system. Three water levels (L1 = 0.75L2, L2 = water level based in Kcs, recommended by Doorenbos & Kassan (1979) and L3 = 1.25L2), applied through a sprinkler system, constituted the subplots and four nitrogen split application: 0-75, 25-50, 50-25, and 75-0 kg ha<sup>-1</sup> applied at sowing time and side dressing, respectively, formed the subsubplots. Soil management with harrow disk provided highest grain yield when compared to no-tillage system. However, it did not differ from chisel plough treatment. Bean crop failed to show yield reduction, even when crop coefficient 25% lower than recommended to water replace in this specific crop was used. Total nitrogen applied in side dressing provided the highest grain yield.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, harrow, chisel plough, no-tillage, irrigation levels.

## Introdução

Em algumas regiões do Brasil, o uso do sistema convencional de preparo do solo, com arados e grades pesadas associados a gradagens mais leves, por anos sucessivos, além de ocasionar a excessiva degradação física e preparo superficial (12 a 15 cm), pode levar à formação de uma camada de baixa permeabilidade abaixo da superfície do solo,

conhecido como “sola de grade” (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993). A compactação do solo é uma das condições que tem efeito marcante sobre a aeração devido às modificações que provoca na estrutura do solo e na drenagem da água. O efeito imediato da compactação é a redução no volume de macroporos, afetando a difusão da água e dos gases, dificultando o desenvolvimento das raízes das plantas (Pedroso e Corsini, 1983).

Em menores tensões matriciais, a distribuição do tamanho dos poros é bastante correlacionada com o armazenamento de água no solo. Desta forma, aqueles sistemas de preparo que provocam um maior revolvimento do solo promovem um menor armazenamento de água na camada revolvida do que em outra camada idêntica sem revolvimento (Vieira, 1984). Stone e Moreira (2000), estudando o efeito do preparo do solo com arado de aiveca, arado escarificador, grade aradora e plantio direto sobre a produtividade e a utilização da água pelo feijoeiro, observaram que a resposta da produtividade do feijoeiro à lâmina de água aplicada varia com o cultivar e com o sistema de preparo do solo adotado e, que o sistema de plantio direto foi o mais eficiente no uso da água, propiciando maior produtividade com menor consumo de água. Stone e Silveira (1999) verificaram tensão de água no solo menor e menos variável, ao longo do ciclo do feijoeiro em plantio direto, em comparação ao preparo do solo com arado de aiveca ou grade aradora, e, sob irrigação, a menor resistência do solo à penetração e a melhor distribuição do sistema radicular, no preparo com arado, não possibilitou a obtenção de maior produtividade em relação aos outros sistemas de preparo. A maior produtividade observada no plantio direto deve-se, entre outros fatores, aos menores valores e a menor variação ao longo do ciclo da tensão matricial do solo, em comparação aos demais sistemas.

A disponibilidade de água no solo é fator limitante na produção do feijoeiro, visto que as plantas são sensíveis ao estresse hídrico durante as fases críticas (germinação, florescimento e enchimento de grãos). A literatura apresenta resultados distintos quanto à redução da produtividade em função do estresse hídrico nos diversos estádios de desenvolvimento. Assim, Mackay e Eaves (1962) consideraram como período crítico o pré-florescimento; Kattan e Fleming (1956) indicaram que o período crítico é o florescimento e Doorenbos e Pruitt (1976) afirmaram que o florescimento e o aparecimento das vagens são os períodos mais críticos. Por outro lado, o feijoeiro é bastante sensível ao excesso de umidade no solo. Solos com alta umidade, além de propiciarem condições de baixa aeração do sistema radicular, prejudicando o desenvolvimento das plantas, resulta em aumento da incidência de doenças. Segundo Moreira *et al.* (1988), o excesso de água no solo provoca deficiência de oxigênio, levando a uma concentração inadequada deste elemento na planta e redução da atividade microbiana do solo. Os autores citam que o consumo de água pela cultura do feijão

depende do estágio de desenvolvimento, condições do solo, época de cultivo e das condições climáticas. De acordo com Doorenbos e Kassan (1979), a necessidade de água pelo feijoeiro com ciclo de 60 a 120 dias varia entre 300 a 500 mm para obtenção de alta produtividade. Assim, o agricultor que irriga não deverá permitir a ocorrência de déficit hídrico em nenhuma das fases do ciclo vegetativo do feijoeiro. A água de irrigação deve atender à exigência hídrica da planta, que varia, principalmente, com as condições de clima do local, época de semeadura, cultivares e estádios de desenvolvimento da planta (Silveira e Stone, 1998).

A quantidade de água no solo tem grande influência na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Para que determinado nutriente da solução do solo possa ser absorvido pelas raízes é necessário, antes de tudo, que haja o contato entre nutriente e raiz (Malavolta, 1980). A forma que possibilita o contato, mais importante para o nitrogênio é o fluxo de massa e, para o fósforo e potássio, é a difusão. Nessas formas, a presença de água no solo fornecida pela chuva ou irrigação, é indispensável.

A aplicação de N mineral nos solos tropicais pode apresentar, às vezes, baixa frequência de resposta (Franco, 1977). O aproveitamento do nitrogênio usado no adubo é normalmente inferior a 50%, podendo, em determinadas situações, em solos arenosos, atingir entre 5 e 10% (Duque *et al.*, 1985), devido às grandes perdas por volatilização, lixiviação e desnitrificação. Embora muitos resultados envolvendo o fornecimento de nitrogênio, no solo ou foliar, apresentem resultados negativos em relação à eficiência dessas práticas, vários trabalhos apontam bons resultados com o fornecimento do nutriente e também quando se utiliza o artifício do parcelamento, que tende a minimizar as perdas de N no solo. Os resultados do trabalho realizado por Miyasaka *et al.* (1963), que estudaram modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijão, mostram que a aplicação do N em cobertura é mais eficiente quando aplicada até 20 dias após a emergência.

Urban Filho *et al.* (1980) verificaram que as maiores doses de N, sobretudo quando aplicadas totalmente na semeadura, podem influenciar negativamente o estande e causar acamamento do feijoeiro e que não houve efeito significativo dos modos de aplicação sobre a produção de grãos e matéria seca. Entretanto, Diniz *et al.* (1995) relataram que a planta responde à aplicação de doses maiores de 40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura. Já Araújo *et al.* (1994), estudando o comportamento do feijoeiro em função da adubação nitrogenada parcelada, de acordo

com a fase de desenvolvimento das plantas, verificaram que é vantajosa a aplicação parcelada do nutriente. Andrade *et al.* (1998) verificaram que, tanto a aplicação de nitrogênio na sementeira como em cobertura, proporcionaram incrementos na produtividade de grãos. Carvalho *et al.* (2001), avaliando parcelamentos e fontes de fertilizantes nitrogenados no desenvolvimento do feijoeiro de inverno, verificaram que a aplicação de nitrogênio aumentou a produtividade do feijoeiro comparativamente ao tratamento testemunha, entretanto, não houve diferença de produtividade entre os parcelamentos do nitrogênio.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento do feijoeiro cultivado no período “de inverno” em função do preparo do solo, manejo da água e parcelamento do nitrogênio.

### Material e métodos

O trabalho de pesquisa foi conduzido em área experimental, pertencente à Faculdade de Engenharia - Unesp, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste de Greenwich e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 m. O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (LVd). A área cultivada anteriormente com a cultura do arroz no verão e com a cultura do feijão no inverno foi conduzida com o sistema de plantio direto durante três anos. Na safra de verão anterior, com a cultura do arroz, foi dada continuidade ao sistema de plantio direto em parte da área. A área preparada com grade pesada já havia sido preparada dessa forma no verão. A área que recebeu preparo com o escarificador havia sido preparada com arado de aivecas no verão.

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma unidade de sucção segundo Grohmann (1960) para o intervalo de 0,002

MPa a 0,01 MPa, aparelhos de pressão, com a placa porosa recomendados por Richards e Fireman (1943), foram utilizados para o intervalo de 0,033 MPa a 0,101 MPa e com a membrana de Richards (1947) para o intervalo de 0,101 MPa a 1,500 MPa. Os valores das tensões e teores de água expresso em base gravimétrica (%) estão apresentados na Tabela 1

A análise química inicial do solo apresentou o seguinte resultado: pH(CaCl<sub>2</sub>)=4,8; M.O.=27g dm<sup>-3</sup>; P=7 mg dm<sup>-3</sup>; K; Ca; Mg; Al e H+Al = 1,7; 20; 7; 2 e 34 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente e V(%)=46. A adubação básica constou de 63 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 40 kg ha<sup>-1</sup> k<sub>2</sub>O (cloreto de potássio).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, num esquema de parcelas subsubdivididas, com as subparcelas dispostas em faixas, com quatro repetições. As parcelas principais foram constituídas por três sistemas de preparo do solo (grade pesada + grade niveladora, escarificador + grade niveladora e plantio direto), cada parcela teve a dimensão de 12 m de largura por 36 m de comprimento. As subparcelas com dimensão de 12 m x 6 m, espaçadas entre si por uma distância de 6m foram constituídas por três lâminas de água aplicada por aspersão (L1; L2 e L3). As lâminas de água foram determinadas pela utilização de diferentes coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em diferentes estádios de desenvolvimento da planta e apresentados na Tabela 2.

As subsubparcelas receberam os tratamentos com quatro diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada (0 + 75; 25 + 50; 50 + 25 e 75 + 0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, na sementeira e em cobertura) e foram constituídas por 5 linhas de 6 m de comprimento espaçadas 0,50 m entre si. A área útil foi constituída pelas 3 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha

**Tabela 1.** Capacidade de retenção de água no solo da área experimental. Teor de água expresso em base gravimétrica (%)

Profundidade (m)	Tensão de água no solo (MPa)							
	1,500	0,507	0,101	0,033	0,010	0,006	0,004	0,002
	Teor de água (base gravimétrica)							
0,00-0,20	14,50	15,15	16,95	18,51	20,50	26,24	27,78	44,22
0,20-0,40	16,94	17,88	19,49	20,35	22,55	27,61	31,45	47,80

**Tabela 2.** Valores de Kc (coeficiente da cultura de feijão) utilizados nos diferentes tratamentos envolvendo o manejo de água

Lâmina de água	Fases de desenvolvimento*				
	V <sub>0</sub> - V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub> - V <sub>4</sub>	R <sub>5</sub> - R <sub>7</sub>	R <sub>8</sub>	R <sub>9</sub>
L1	0,23	0,53	0,79	0,56	0,19
L2	0,30	0,70	1,05	0,75	0,25
L3	0,38	0,88	1,31	0,94	0,31

\* Fernandez *et al.*, (1986). V<sub>0</sub>-V<sub>2</sub>= Período compreendido da germinação até o início do surgimento da 1ª folha trifoliolada; V<sub>3</sub>-V<sub>4</sub>= Período compreendido entre o surgimento da 1ª folha trifoliolada e o surgimento do 1º botão floral; R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>= Período entre o surgimento do 1º botão floral e o início do enchimento das vagens; R<sub>8</sub>= Enchimento das vagens; R<sub>9</sub>= Maturação

O preparo do solo, dependendo do tratamento, foi realizado através de grade pesada ou escarificador e duas gradagens de nivelamento, sendo a última realizada às vésperas da semeadura. No caso do plantio direto, a dessecação da cobertura vegetal do solo foi realizada através da utilização do herbicida glyphosate na dose de 1.560 g ha<sup>-1</sup> do i.a. A semeadura foi realizada em 10/05/2000, utilizando o cultivar IAC Carioca Eté com 15-16 sementes m<sup>-1</sup>, para a obtenção de uma densidade de 12-13 plantas.m<sup>-1</sup>. O solo estava seco no momento da semeadura, sendo que a primeira irrigação, igual para todos os tratamentos, foi realizada em 11/05/2000. A emergência das plântulas ocorreu em 16/05/2000. A adubação nitrogenada, dependendo do tratamento, foi realizada na semeadura ou em cobertura, ou ainda parcelada na semeadura e em cobertura. A aplicação em cobertura foi realizada 22 dias após a emergência das plantas, utilizando o nitrato de amônio, tanto na semeadura quanto em cobertura.

O controle das plantas daninhas que surgiram na área foi feito através de duas aplicações seqüenciais do herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen (100 + 125 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) em cada aplicação, sendo estas realizadas em 05 e 12/06/2000. Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas duas pulverizações com inseticida triazophos + deltamethrin (175 + 50 g do i.a. ha<sup>-1</sup>), para controle de vaquinhas. Também foram realizadas duas pulverizações com fungicidas, com mancozeb (800 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) e com oxycarboxin (375 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) + mancozeb (1200 g do i.a. ha<sup>-1</sup>) para o controle de ferrugem.

O fornecimento de água foi realizado através de um sistema de irrigação convencional por aspersão com precipitação média de 3,3 mm.hora<sup>-1</sup>. A reposição de água foi realizada quando a evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) acumulada atingiu valores próximos da água disponível do solo (ADS) pré-estabelecidos. A ADS foi calculada utilizando a expressão: ADS=[(CC-PMP)/100]. d.h.p, onde CC é a capacidade de campo (%); PMP é o ponto de murcha permanente (%), d é a densidade do solo (1400 kg m<sup>-3</sup>); h é a profundidade efetiva do sistema radicular (0,20 m), p é a fração de esgotamento da água do solo (0,6) mantendo a E<sub>T</sub> (evapotranspiração real) em níveis próximos a ET<sub>m</sub>. A ET<sub>m</sub> foi determinada pela expressão: E<sub>m</sub> = K<sub>c</sub>.E<sub>To</sub>; onde E<sub>m</sub> = evapotranspiração máxima da cultura (mm dia<sup>-1</sup>), E<sub>To</sub> = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>) e K<sub>c</sub> = coeficiente de cultura. A evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão E<sub>To</sub> = K<sub>p</sub>.E<sub>CA</sub>, em que E<sub>To</sub> =

evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); E<sub>CA</sub> = evaporação do tanque classe A (mm dia<sup>-1</sup>) e K<sub>p</sub> = coeficiente do tanque classe A. A evaporação da água (E<sub>CA</sub>) foi obtida diariamente do tanque classe A instalado no Posto Meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa distante aproximadamente 500 m da área experimental. O coeficiente do tanque classe A (K<sub>p</sub>) utilizado foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar. No manejo de água, durante o desenvolvimento da cultura foram utilizados diferentes K<sub>c</sub> distribuídos em períodos compreendidos entre a emergência e a colheita de acordo com a Tabela 2. Os valores dos K<sub>c</sub> utilizados na lâmina 2 (L2) são semelhantes aos recomendados por Doorenbos e Kassan (1979). Já os valores utilizados na lâmina 1 (L1) e lâmina 3 (L3), são respectivamente, 25% menores e 25% maiores do que os utilizados na lâmina 2.

Foi determinado o número de dias transcorridos entre a emergência e o florescimento de 50% das plantas e o ciclo das plantas. Por ocasião do florescimento foram determinados a massa de matéria seca de plantas e o teor de nitrogênio total nas folhas, conforme com metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974). Já por ocasião da colheita foi determinado o número de vagens/planta, o número de grãos/vagem, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos.

## Resultados e discussão

Na Figura 1, estão contidas as informações sobre a distribuição das lâminas de água e da precipitação pluvial durante o desenvolvimento da cultura do feijão. Pode-se constatar que, no período compreendido entre os estádios V<sub>0</sub> e V<sub>2</sub> (germinação até o surgimento da 1ª folha trifoliolada), época em que foram utilizados valores de K<sub>c</sub> baixos, foi necessária a utilização de irrigação apenas no tratamento L3, fato esse devido à precipitação natural ocorrida nessa fase ter suprido as necessidades de água nos tratamentos L1 e L2. Já nos estádios V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub> (período entre o surgimento da 1ª folha trifoliolada e o surgimento do 1º botão floral), toda a água fornecida à cultura foi proveniente da irrigação. Nos estádios posteriores, em todos os tratamentos, houve fornecimento de água mediante o uso de irrigação e pela precipitação natural. A aplicação de água foi maior nas fases R<sub>5</sub> (floração) a R<sub>7</sub> (formação das vagens), para todas as lâminas testadas, devido aos maiores valores de K<sub>c</sub> utilizados, conseqüência da maior exigência em água pela cultura durante esse período. Constata-se que na lâmina 1 foram aplicados 148,8 mm de água através da irrigação, ou

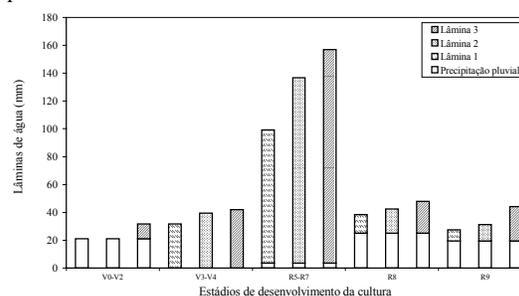
seja, uma quantidade cerca de 26,5% inferior à aplicada na lâmina 2 (202,7 mm). Já na lâmina 3 foram aplicados cerca de 253,6 mm, ou seja, uma quantidade de praticamente 27% superior, em relação à aplicada na lâmina 2. Isso mostra que as diferenças foram proporcionais às estabelecidas para os coeficientes de cultura utilizados. Entretanto, esta relação não foi observada dentro de cada estágio de desenvolvimento da cultura, devido ao fato de a água proveniente das precipitações pluviais ocorridas durante a condução do experimento, ter sido 69,3 mm no total.

O florescimento pleno ocorreu na mesma época em todas as parcelas, cerca de 42 dias após a emergência das plantas. A colheita ocorreu em 24/08/2000, ou seja, 99 dias após a emergência das plantas. Isto significa que o ciclo do feijoeiro cultivar IAC Carioca Eté, não foi afetado pelos tratamentos.

Os resultados da avaliação das diversas características agrônômicas do feijoeiro estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Verifica-se que não houve efeito do sistema de preparo do solo sobre a produção de matéria seca de planta. As lâminas de água aplicadas influenciaram de modo significativo a massa de matéria seca de planta, com o maior valor desta característica sendo obtido com a aplicação da lâmina intermediária (L2), que diferiu estatisticamente apenas do valor obtido com a aplicação da menor lâmina (L1). Esses resultados são distintos dos obtidos por Lima *et al.* (1997), que, trabalhando com o cultivar IAC Carioca, verificaram que a manutenção do solo em tensões de água maiores, ou seja, quando se aplicou menor quantidade de água, houve maior produção de matéria seca de plantas. Quanto aos parcelamentos da adubação nitrogenada (Tabela 4), pode-se verificar que a aplicação da maior parte do nitrogênio na semeadura, proporcionou maior produção de matéria seca de planta, concordando com Reis *et al.* (1972) que, em estudo conduzido em

Viçosa, demonstraram ser prejudicial para a cultura a não aplicação de adubo nitrogenado na semeadura. Segundo Diniz *et al.* (1995), a planta de feijão responde as doses maiores que 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, o que pode ser interessante para se conseguir um vigoroso desenvolvimento inicial da planta. Concorda também com Carvalho (2001) que verificaram que a aplicação de toda a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura proporcionou menor produção de matéria seca pela planta de feijão.

Os resultados do teor de N na parte aérea do feijoeiro mostraram efeito significativo apenas do parcelamento da aplicação deste nutriente ao solo (Tabela 3). A aplicação da maior parte do nitrogênio em cobertura provocou um maior acúmulo deste nutriente na parte aérea das plantas (Tabela 4). Tal fato se deve, provavelmente, ao melhor aproveitamento pela cultura do nitrogênio aplicado por ocasião da semeadura, produzindo, assim, maior quantidade de matéria seca, já nos tratamento em que a maior parte do nitrogênio foi aplicada em cobertura, a planta possivelmente tenha absorvido o nutriente, mas ainda não o tinha utilizado para produção de matéria seca, ou o nutriente estava mais concentrado porque as plantas apresentavam menor quantidade de matéria seca.



**Figura 1.** Lâminas de água aplicadas e precipitação pluvial ocorrida nos diferentes estágios de desenvolvimento do feijoeiro. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2000

**Tabela 3.** Quadrados médios referentes às características avaliadas do feijoeiro. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2000

Causa de Variação	GL	Matéria seca (g planta <sup>-1</sup> )	Teor de N foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Preparo do solo (S)	2	2,707 ns	14,519 ns	63,914 *	0,825 ns	12,253 **	231954,382 *
Resíduo (A)	6	1,802	8,733	7,694	0,271	0,113	35236,178
Lâmina (L)	2	7,845 *	7,435 ns	25,577 ns	0,017 ns	0,381 ns	123687,007 ns
Resíduo (B)	6	1,243	11,142	5,864	0,404	2,518	387162,914
S*L	4	4,084ns	17,401 ns	3,218 ns	0,210 ns	1,5690 ns	78223,517 ns
Resíduo (C)	12	2,906	11,959	15,718	0,124	0,561	78729,744
Parcelamento do N (N)	3	46,585 **	484,177 **	24,827 *	0,207 ns	0,445 ns	343569,655 **
S*N	6	1,274 ns	23,357 ns	11,025 ns	0,056 ns	41,989 **	102417,253 ns
L*N	6	2,433 ns	18,298 ns	2,947 ns	0,048 ns	0,400 ns	93980,016 ns
S*L*N	12	1,362 ns	9,913 ns	6,726 ns	0,072 ns	0,581 ns	61959,249 ns
Resíduo (D)	81	1,877	12,318	6,973	0,114	0,477	67422,342

\*\* , \* e ns são respectivamente significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F

**Tabela 4.** Matéria seca, teor de N na parte aérea das plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do feijoeiro em função de preparos do solo, lâminas de água e parcelamento da aplicação de N. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2000

Tratamentos	Matéria seca (g planta <sup>-1</sup> )	Teor de N foliar (g kg <sup>-1</sup> )	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Preparo do solo</b>						
Plantio direto	6,57	33,52	12,03 b	5,03	23,20 c	2441 b
Grade pesada	6,92	33,37	14,29 a	5,20	24,21 a	2579 a
Escarificador	7,02	34,39	12,75 ab	5,28	23,68 b	2500 ab
CV(%)	5,67	2,52	6,15	2,91	0,41	2,16
<b>Lâmina de água</b>						
L1	6,43 b	34,17	12,39	5,16	23,74	2456
L2	7,23 a	33,49	12,86	5,16	23,60	2507
L3	6,85 ab	33,57	13,82	5,19	23,76	2557
CV(%)	12,46	5,12	15,22	3,41	1,58	5,60
<b>Parcelamento do N*</b>						
0+75	5,62 b	37,83 a	14,13 a	5,15	23,84	2651 a
25+50	6,14 b	35,81 a	12,30 b	5,27	23,57	2466 b
50+25	7,63 a	30,73 b	13,18 ab	5,09	23,71	2433 b
75+0	7,96 a	30,61 b	12,48 b	5,17	23,70	2475 b
CV(%)	20,03	10,39	20,28	6,52	2,91	10,36

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada fator, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. \*Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura, na forma de nitrato de amônio

Pode-se verificar, (Tabela 4), que o sistema de preparo do solo influenciou significativamente o número de vagens por planta, sendo que para esta característica o tratamento com grade foi o que proporcionou os maiores valores, em relação ao plantio direto, sem diferir do preparo com escarificador. Santos *et al.* (1997) também observaram maior número de vagens por planta do feijoeiro em solo preparado com grade no primeiro ano de cultivo. Entretanto, esse resultado discorda de Stone e Moreira (2000), que verificaram apenas no sistema de plantio direto, com adequada cobertura morta, um aumento no número de vagens por planta. As diferentes lâminas de água aplicadas assim como as interações dos vários fatores estudados não tiveram influência sobre o número de vagens por planta e de grãos por vagem. Os parcelamentos da aplicação do nitrogênio tiveram efeito no número de vagens por planta, com o maior resultado conseguido com a aplicação de toda a dose em cobertura, porém não diferindo do tratamento em 50 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado por ocasião de semeadura e 25 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura.

O número de grãos por vagem não foi afetado significativamente por nenhum dos fatores estudados. Stone e Moreira (2000) também não observaram diferenças entre plantio direto e preparo do solo com grade ou escarificador, nem de lâminas de água sobre o número de grãos por vagem. Isso se deve, provavelmente, por ser essa uma característica mais relacionada com o cultivar utilizado, que sofre menor influência do ambiente (Andrade *et al.*, 1998).

No que se refere à massa de 100 grãos, houve efeito somente do sistema de preparo do solo e da interação entre preparo do solo e parcelamento do nitrogênio (Tabela 3). Na Tabela 5 está apresentado o desdobramento da interação entre preparo do solo e modo de aplicação do nitrogênio, para massa de 100 grãos. Verifica-se o preparo do solo com grade foi o melhor quando se aplicou a maior parte do nitrogênio em cobertura, não deferindo do preparo com escarificador. Quando foram aplicados 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, o sistema de preparo com grade também se destacou, o preparo com escarificador obteve posição intermediária e o plantio direto apresentou os menores valores. Dentro dos sistemas de preparo do solo, observa-se que no plantio direto o maior valor de massa de 100 grãos foi obtido quando o nitrogênio foi aplicado todo na semeadura, mas este não diferiu da aplicação de todo o nitrogênio em cobertura ou de 2 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em cobertura. Quando se preparou o solo com grade, nota-se que a aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 25 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura foi o tratamento que proporcionou os melhores resultados, diferindo significativamente apenas do tratamento onde foram aplicados 25 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e 50 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura. Não houve diferença significativa entre os modos de aplicação de nitrogênio, quando o solo foi preparado através do escarificador. As lâminas de água estudadas não afetaram a massa de 100 grãos. Lima *et al.*, 1997 também verificaram que a aplicação de diferentes lâminas de água não afetou esta característica.

**Tabela 5.** Efeito da interação sistemas de preparo do solo e parcelamento da aplicação do nitrogênio, para massa de 100 grãos de feijão. Selvíria, MS, 2000

Preparo do solo	Parcelamento do N*			
	0+75	25+50	50+25	75+0
Plantio direto	23,51 bAB	22,89 bAB	22,82 cB	23,58 abA
Grade pesada	24,27 aAB	23,78 aB	24,68 aA	24,13 aAB
Escarificador	23,75 abA	24,03 aA	23,62 bA	23,38 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada fator, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. \*Nitrogênio aplicado na semeadura + nitrogênio aplicado em cobertura, na forma de nitrato de amônio

A produtividade de grãos foi afetada pelo preparo do solo, sendo, que para essa característica, o preparo com grade também apresentou maior valor, em relação ao plantio direto, mas não diferiu estatisticamente do preparo com escarificador (Tabela 4). Esse resultado se deve principalmente ao aumento no número de vagens por planta e da massa de 100 grãos obtidos neste tratamento que, provavelmente, proporcionou boas condições para o desenvolvimento das raízes das plantas, já que o feijoeiro possui sistema radicular pouco profundo. Apesar da significância estatística entre os tratamentos com grade pesada e plantio direto, a diferença de produtividade foi muito pequena (5,4%), o que mostra que o feijoeiro se adaptou bem a todos os tratamentos utilizados. Sampaio *et al.* (1989), estudando o feijão “da seca” e Silveira *et al.* (2001) e Kluthouski *et al.* (2000), estudando o feijão irrigado, não observaram efeito dos mesmos tipos de preparo na produtividade.

A produtividade de grãos não foi influenciada significativamente pelas lâminas de água. Possivelmente, para as condições de cultivo, mesmo com a redução de 25% no Kc recomendado para a reposição de água na cultura do feijão, a quantidade de água fornecida (218,2 mm) tenha sido suficiente para proporcionar um bom desenvolvimento das plantas, já que, no período de inverno, as condições climáticas da região foram amenas e, no período de florescimento, as plantas já haviam coberto totalmente a área. Entretanto, é importante ressaltar que nas maiores lâminas, o consumo de água e energia é maior. Assim, pode-se verificar que na lâmina 1, com a aplicação de 148,8 mm de água, via irrigação, foi obtida uma produtividade semelhante à obtida na lâmina 2 onde foi aplicado 202,7 mm de água, o que representa uma economia de água de 26,5%. Além disso, a maior umidade do solo pode provocar o aparecimento de doenças e prejudicar o desenvolvimento radicular do feijoeiro (Moreira *et al.*, 1988).

Em relação ao modo de aplicação de nitrogênio, (Tabela 4), os resultados mostraram que a aplicação de todo o nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade de grãos de feijão. Esse efeito é devido, provavelmente, à maior disponibilidade do

nutriente na época do florescimento da cultura, que pode ter favorecido o vigenamento de vagens, resultando, assim, em maior número de vagens por planta e conseqüentemente maior produtividade. No entanto, tal resultado discorda do obtido por Urben Filho *et al.* (1980), aplicando 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, e Carvalho *et al.* (2001), aplicando 75 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e sulfato de amônio, que verificaram que a aplicação do nitrogênio em diferentes parcelamentos, na semeadura e em cobertura, não afeta a produtividade de grãos do feijoeiro. Todavia, existem muitas contradições para as respostas à aplicação de nitrogênio existente na literatura, pois Araújo *et al.* (1994), utilizando 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aplicados em diferentes parcelamentos, em duas localidades e dois anos de cultivos, obtiveram efeito significativo apenas em um dos anos.

De modo geral, pode-se concluir que: o feijoeiro irrigado apresentou maior produtividade de grãos, quando cultivado em solo preparado com grade pesada, comparado com o sistema de plantio direto e não diferiu do preparo com escarificador; para as condições do estudo, o feijoeiro não apresentou redução na produtividade de grãos, mesmo com a utilização de um Kc (coeficiente de cultura) 25% menor do que o recomendado para reposição de água na cultura, provavelmente, pelo fato de a quantidade de água fornecida na menor lâmina L1 (69,3 mm proveniente das chuvas e 148,8 mm de água aplicada através de irrigação), ter suprido as necessidades da cultura; a aplicação de todo o nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade de grãos do feijoeiro irrigado.

## Referências

- ANDRADE, M.J.B. de *et al.* Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v.22, n.4, p.499-508, 1998.
- ARAÚJO, G.A.A. *et al.* Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.41, p.442-450, 1994.
- CARVALHO, M.A.C. *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência

- de parcelamentos e fontes de nitrogênio. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v.25, n.3, p.617-624, 2001.
- DINIZ, A.R. et al. Resposta da cultura do feijão à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. *Resumos Expandidos...* Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v.3, p.1225-1227.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33)
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1976. (Estúdio FAO. Riego y Drenaje, 24).
- DUQUE, F.F. et al. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* L. to Rhizobium inoculation and qualification of N<sub>2</sub> fixation using <sup>15</sup>N. *Plant Soil*, Dordrecht, v.88, p.333-343, 1985.
- FERNANDEZ, F. et al. *Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal : Funesp, 1993.
- FRANCO, A.A. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VICENT, J.M.K.; WHITNEY, J. (Ed.). *Exploiting the legume Rhizobium in tropical agriculture*. Hawaii : University of Hawaii Mis, 1977. p.237-52.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 21, n. 18, p. 285-295, 1960.
- KATTAN, A.A.; FLEMING, J.W. Effect of irrigation at specific stages of development on yield, quality growth and composition of snap beans. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, v.68, p.329-42, 1956.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Sci. Agri.*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.
- LIMA, S.F. de et al. Efeito da irrigação na produção e qualidade das sementes do feijoeiro no período de inverno. *Científica*, São Paulo, v. 25, n.1, p.95-107, 1997.
- MACKAY, D.C.; EAVES, C.A. Influence of irrigation treatments on yields and on fertilization by sweet corn and snap beans. *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, v.42, p.219-228, 1962.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- MIYASAKA, S. et al. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v.22, n.2, p.511-9, 1963.
- MOREIRA, J.A.A. et al. (Ed.) *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba : Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.317-340.
- PEDROSO, P.A.C.; CORSINI, P.C. Manejo físico do solo. In: FERREIRA, M.E. et al. *Cultura do arroz de sequeiro: fatores afetando a produtividade*. Piracicaba : Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. p.225-38.
- REIS, M.S. et al. Efeitos de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 19, n. 101, p.25-42, 1972.
- RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. *Agr. Eng.*, St. Joseph, v. 28, p. 451-454, 1947.
- RICHARDS, L.A.; FIREMANN, M. pressure-plate apparatus for measuring moisture sorptin and transmission by soils. *Soil Sci.*, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.
- SAMPAIO, G.V. et al. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, v.36, n.208, p.465-482, 1989.
- SANTOS, A.B. dos et al. Avaliação de práticas culturais em um sistema irrigado por aspersão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.32, n.3, p.317-327, 1997.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba : ESALQ, 1974.
- SILVEIRA, P.M. da et al. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e economicidade do feijoeiro irrigado. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.36, n.2, p.257-263, 2001.
- SILVEIRA, P.M. da et al., (Ed.) *Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, p.181-220, 1998.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade feijoeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.35, n.4, p.835-841, 2000.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.34, n.1, p.83-91, 1999.
- URBEN FILHO, G. et al. Doses e modos de aplicação do adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 27, n. 151, p.302-312, 1980.
- VIEIRA, M.J. O preparo do solo e o comportamento da planta. *Plantio Direto*, Ponta Grossa, v.1, n.5, p.4-5, 1984.

Received on May 15, 2002.

Accepted on January 02, 2003.