

EFEITOS DE SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO NO USO DA ÁGUA E NA PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO¹

LUIS FERNANDO STONE² e JOSÉ ALOÍSIO ALVES MOREIRA²

RESUMO - Este trabalho teve por objetivo comparar o plantio direto, em duas densidades de palhada, com outros sistemas de preparo do solo, quanto à eficiência do uso da água e à produtividade de duas cultivares de feijoeiro com diferentes arquiteturas de planta. O experimento foi conduzido por quatro anos em um Latossolo Vermelho-Escuro, em Santo Antônio de Goiás, GO, utilizando o delineamento em faixas, com parcela subdividida, com quatro repetições. As faixas A, paralelas a uma linha central de aspersores, consistiram de cinco lâminas de irrigação. Considerando a média dos quatro anos, as quantidades de água aplicadas em cada faixa foram de 399,8; 307,0; 216,8; 128,0 e 54,0 mm. As faixas B, transversais à linha central de aspersores, consistiram de cinco sistemas de preparo do solo: plantio direto, plantio direto mais cobertura morta, grade aradora, arado de aiveca e arado escarificador. Nas subparcelas foram plantadas as cultivares de feijão Aporé e Safira. A magnitude da resposta da produtividade do feijoeiro à lâmina de água aplicada variou com a cultivar e com o sistema de preparo do solo. O sistema de plantio direto, com adequada cobertura morta, propiciou maior economia de água em comparação aos demais sistemas de preparo do solo.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, plantio direto, grade aradora, arado de aiveca, arado escarificador.

EFFECTS OF SOIL TILLAGE SYSTEMS ON THE WATER USE AND ON COMMON BEAN YIELD

ABSTRACT - The objective of this work was to compare water use efficiency and yield of two common bean cultivars with different plant architectures under no-tillage system, using two amounts of straw in relation to other soil tillage systems. The experiment was carried out during four years on a Dark Red Latosol, in Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil. The experimental design was a splitplot strip block with four replications. The A strips, parallel to a sprinkler line source, consisted of five irrigation levels. The four year-average water amounts applied to each strip were: 399.8, 307.0, 216.8, 128.0, and 54.0 mm. The B strips, across to sprinkler line source, consisted of five soil tillage systems: no-tillage, no-tillage plus mulch, harrowing, moldboard ploughing, and chisel ploughing. Cultivars Safira and Aporé were planted in the splitplots. The magnitude of common bean yield response to irrigation levels varied with bean cultivar and soil tillage systems. No-tillage with adequate mulch provided higher water economy than the other soil tillage systems.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, no-tillage, harrow, moldboard plough, chisel plough.

INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado, sobretudo em áreas irrigadas via pivô central, o manejo do solo tem-se caracterizado pelo preparo e revolvimento excessi-

vo, que normalmente são feitos pelo uso intensivo de arados e grades, associados a outras práticas de cultivo, causando a pulverização da camada arável e a compactação da camada superficial (Freitas, 1992). Mais recentemente, a semeadura direta do feijão irrigado por aspersão vem tendo aceitação cada vez maior na região central do Brasil. Essa é uma alternativa de manejo correto e sustentável.

Os sistemas de manejo do solo afetam diferentemente a sua densidade e porosidade e o

¹ Aceito para publicação em 25 de junho de 1999.

² Eng. Agrôn, Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPaf), Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. Bolsista do CNPq. E-mail: stone@cnpaf.embrapa.br

armazenamento de água ao longo do perfil, interferindo diretamente no desenvolvimento e na produtividade das culturas. O plantio direto tem-se caracterizado por apresentar, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, maior estabilidade estrutural, maior densidade do solo, menores porosidade total e macroporosidade, em comparação com outros sistemas de preparo do solo (Vieira, 1981; Vieira & Muzilli, 1984; Corrêa, 1985). À primeira vista, este comportamento não é favorável para permitir altos índices de infiltração. Porém, em plantio direto o solo encontra-se protegido pela cobertura morta. Assim, aliando-se o efeito desta cobertura ao da maior estabilidade estrutural, a infiltração de água no solo sob plantio direto tem sido mais elevada que em outros sistemas de preparo, ocasionando menor perda de água por escoamento superficial (Roth & Vieira, 1983).

Nas tensões matriciais mais baixas, a distribuição do tamanho dos poros é altamente correlacionada com o armazenamento de água no solo. Desta maneira, aqueles sistemas de preparo que provocam maior revolvimento do solo e, portanto, aumentam o seu volume, armazenam menos água na camada revolvida em relação à outra camada idêntica sem revolvimento. Aliados ao aspecto do armazenamento, fatores como temperatura e cobertura superficial têm garantido ao perfil do solo com menor revolvimento, em muitas situações, maiores conteúdos de água disponível para as plantas (Vieira, 1984). Muitos trabalhos têm evidenciado que em plantio direto o conteúdo de água do solo é maior que em áreas cultivadas com preparo convencional (Lal, 1974; Vieira, 1981; Sidiras et al., 1983; Salton & Mielniczuk, 1995). Sidiras et al. (1983) verificaram que em plantio direto o solo reteve de 36% a 45% mais água disponível para as culturas, reduzindo as perdas de água por evaporação e aumentando o armazenamento de água no solo. Urchei (1996) verificou que a tensão matricial da água no solo, ao longo do ciclo do feijoeiro irrigado, foi sempre inferior em plantio direto em relação ao sistema convencional de preparo do solo.

Sidiras et al. (1984) observaram que o efeito da cobertura do solo com resíduos vegetais na redução das perdas de água por evaporação foi mais pronunciado na profundidade de 0-10 cm. As perdas foram evitadas ou apreciavelmente reduzidas por meio da cobertura da superfície com resíduos de aveia-preta,

tanto na cultura da soja como na do milho. A temperatura do solo sob resteva de aveia-preta foi, sempre, mais baixa do que a do solo completamente descoberto. Barros & Hanks (1993) observaram que a cobertura morta foi eficiente em aumentar a produtividade e a eficiência do uso da água do feijoeiro em todos os níveis de irrigação estudados. Aumentos de produtividade parecem estar relacionados ao efeito da cobertura morta em reduzir a evaporação e aumentar a transpiração. Considerando o ciclo da cultura, houve aumento quase constante de 43 mm na transpiração, e redução da mesma magnitude na evaporação, a uma dada evapotranspiração, no que diz respeito aos tratamentos com cobertura morta em relação ao solo nu. Entretanto, para o mesmo nível de irrigação, a evapotranspiração foi menor nas parcelas com cobertura morta em relação ao solo nu, o que indica que nem toda a água economizada foi para a transpiração. Melo Filho & Silva (1993) verificaram que o conteúdo de água no solo foi mais elevado nas parcelas submetidas ao plantio direto, durante o primeiro mês da cultura do milho, em decorrência da maior cobertura do solo, e mais baixo que o encontrado no preparo convencional durante os meses seguintes. Isto ocorreu em razão da rápida decomposição dos resíduos com baixa relação C/N, característica do clima tropical, que diminui seu volume e reduz a porcentagem de cobertura do solo e aumenta, em conseqüência, as perdas de água por evaporação e pelo escoamento superficial. A quebra da capilaridade, causada pela mobilização do solo no sistema convencional, poderia também promover menor taxa de evaporação neste sistema, em comparação com o plantio direto, em que a capilaridade seria mantida. Além disso, as plantas no plantio direto, em razão de maior produtividade e desenvolvimento vegetativo que no sistema convencional, aumentaram as taxas de evapotranspiração, consumindo mais água, razão pela qual o solo sob plantio direto apresentou menor conteúdo de água a partir de 45 dias, até o final do ciclo. Estas observações indicam que houve, em conseqüência de maior produção, maior eficiência da cultura no uso da água disponível no sistema de plantio direto.

A economia de água observada no plantio direto está relacionada com a quantidade de palhada que permanece sobre a superfície. Esta economia deve

ser maior em culturas cujas plantas cobrem menos o solo. Este trabalho teve por objetivo comparar o plantio direto, em duas densidades de palhada, com outros sistemas de preparo do solo, quanto à eficiência do uso da água e à produtividade de duas cultivares de feijoeiro com diferentes arquiteturas de planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido por quatro anos consecutivos, com os ensaios sendo instalados em 22.6.94, 23.6.95, 13.6.96 e 2.6.97, e as colheitas, realizadas em 28.9.94, 28.9.95, 18.9.96 e 8.9.97, respectivamente. Os ensaios foram conduzidos em um Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa, na Fazenda Capivara, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO. Na estação chuvosa, de novembro a abril, a área experimental foi cultivada com arroz, em 1993/94, e com milho, em 1994/95, 1995/96 e 1996/97. Na colheita, o arroz forneceu uma quantidade de palha de cerca de 4,5 t ha⁻¹, e o milho, de cerca de 6 t ha⁻¹. A análise química inicial do solo apresentou os seguintes resultados: pH 5,7; Ca²⁺, 3,2 cmol_c L⁻¹; Mg²⁺, 1,4 cmol_c L⁻¹; Al³⁺, 0,1 cmol_c L⁻¹; P, 3,6 mg L⁻¹; e K, 120 mg L⁻¹. Em todos os ensaios, a adubação de base foi 350 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-16. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 30 dias após a emergência das plantas, com 30 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio.

Foi utilizado o delineamento em faixas, com parcela subdividida, com quatro repetições. As faixas A (7 x 31,5 m), paralelas a uma linha central de aspersores, foram constituídas de cinco lâminas de água, e as faixas B (35 x 6,3 m), transversais a esta linha, de cinco sistemas de preparo do solo: plantio direto, plantio direto mais cobertura morta, aração com grade aradora, aração com arado de aiveca e aração com arado escarificador. Nos sistemas em que foi feita a aração, foram realizadas gradagens niveladoras, sempre que necessário. A adição de cobertura morta, no caso 8 t ha⁻¹ de acículas de pinheiro, em um dos tratamentos de plantio direto, teve o propósito de simular uma cobertura mais densa. Isto foi feito no primeiro e no terceiro anos, antes da semeadura do feijão. Nos tratamentos de plantio direto foi aplicado, antes da semeadura, o herbicida dessecante glifosate (1,92 kg ha⁻¹). As faixas B foram subdivididas e, em cada subparcela (35 x 3,15 m), foi plantada uma das duas cultivares de feijoeiro, Aporé ou Safira, semeadas a 0,45 m entre linhas, com 15 sementes

por metro. A cultivar Aporé é do tipo III, crescimento indeterminado e plantas prostradas, e a Safira é do tipo II, crescimento indeterminado e plantas eretas.

A irrigação foi realizada por um sistema convencional de aspersão, constituído de tubulações de alumínio com 4 polegadas de diâmetro e de dois aspersores tipo canhão, com precipitação de 19 mm h⁻¹, na pressão de serviço de 0,3 MPa, dispostos no campo em espaçamento de 36 m, segundo o sistema de linha central de aspersores. De acordo com a metodologia proposta por Hanks et al. (1976), isto permite a aplicação de diferentes lâminas totais de água ao longo da direção transversal à linha de aspersores. Considerando a lâmina 1 como a mais próxima da linha central, o controle da irrigação, feito de acordo com Stone et al. (1988), foi realizado nas faixas preparadas com arado de aiveca, que receberam a lâmina 2. Os tratamentos com lâminas diferenciadas de água foram instalados aos 12 dias após a emergência. Até essa data, foram aplicados 20 mm de água. Após cada irrigação, a quantidade de água aplicada foi medida por meio de coletores instalados nas faixas A, quatro em cada uma.

Foi avaliada a produtividade, bem como seus componentes, e os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos quatro ensaios mostrou que não houve interações significativas entre os tratamentos, com relação aos componentes da produtividade. Desta maneira, foi discutido o efeito isolado de cada tratamento sobre esses componentes.

Os sistemas de preparo do solo afetaram significativamente o número de vagens por planta e o de grãos por vagem (Tabela 1). O número de vagens por planta foi maior no plantio direto mais cobertura morta. O número de grãos por vagem também foi maior neste tratamento, em relação ao preparo com grade, mas não diferiu significativamente dos demais sistemas de preparo. Urchei (1996) e Stone & Silveira (1999) verificaram que o plantio direto, com adequada cobertura morta, condiciona menor variação e valores mais baixos da tensão matricial da água no solo, em comparação com outros sistemas de preparo que mobilizam o solo. Assim, a maior disponibilidade de água no solo, no tratamento plantio direto mais cobertura morta, especialmente no caso das parcelas com irrigação deficitária, favoreceu os componentes da produtividade.

A regulagem da semeadora, apesar de específica para cada cultivar, propiciou maior densidade de semeadura à cultivar Safira, cuja semente é menor, o que resultou em sua maior população final de plantas em relação à cultivar Aporé (Tabela 2). Esta cultivar, por sua vez, apresentou maior massa de 100 grãos. As cultivares não diferiram significativamente em relação aos outros dois componentes da produtividade.

Considerando os quatro anos, as quantidades médias de água aplicadas durante todo o ciclo do feijoeiro foram 399,8, 307,0, 216,8, 128,0 e 54,0 mm. A população final de plantas não foi afetada significativamente pela lâmina de água. Isto se verificou porque a diferenciação entre as lâminas ocorreu depois da cultura estar estabelecida. Os demais componentes da produtividade, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, apresentaram uma relação quadrática com a lâmina de água (Figs. 1 e 2), sendo os valores máximos obtidos com uma lâmina de água ao redor de 350 mm. Vários trabalhos (Miranda & Belmar, 1977; Hostalácio & Válio, 1984; Weaver et al., 1984; Stone et al., 1988) demonstraram redução nesses componentes da produtividade em feijoeiro submetido à deficiência

hídrica ou quando irrigado a tensões elevadas da água no solo. A redução do número de vagens por planta e do número de grãos por vagem é consequência do decréscimo na porcentagem de vingamento de flores e do abortamento de óvulos, respectivamente.

Houve interação entre sistema de preparo, lâmina de água e cultivar, com relação à produtividade do feijoeiro. Em ambas as cultivares, a resposta da produtividade às lâminas de água aplicadas foi quadrática (Figs. 3 e 4). Vários pesquisadores (Silveira et al., 1984; Frizzone & Olitta, 1987; Silveira & Moreira, 1990) também verificaram aumento na produtividade do feijoeiro com o incremento da lâmina de água aplicada. Observa-se que, de maneira geral, o controle da irrigação feito nas faixas que receberam a lâmina correspondente a 307 mm de água foi adequado. O incremento da produtividade com lâmina maior foi muito reduzido, havendo mesmo queda na produtividade no plantio direto mais cobertura morta em que, por restringir mais a evaporação do solo e pela característica de apresentar menor porosidade total, pode ter havido problema de anoxia.

O sistema de plantio direto mais cobertura morta foi o mais eficiente no uso da água, propiciando mai-

TABELA 1. Componentes da produtividade do feijoeiro em cinco sistemas de preparo do solo (médias de quatro anos)¹.

Preparo do solo ²	População final de plantas (n ^o /m ²)	Vagens/planta (n ^o)	Grãos/vagem (n ^o)	Massa de 100 grãos (g)
G	29,2a	6,6b	4,2b	18,95a
PD + CM	28,4a	8,0a	4,5a	19,24a
AE	28,5a	6,6b	4,3ab	18,58a
PD	28,0a	7,0b	4,4ab	18,73a
AA	29,1a	6,6b	4,4ab	18,53a
DMS	1,9	0,8	0,2	1,19

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² G: grade; PD+CM: plantio direto mais cobertura morta; AE: arado escarificador; PD: plantio direto; AA: arado de aiveca.

TABELA 2. Componentes da produtividade de duas cultivares de feijoeiro (médias de quatro anos)¹.

Cultivar	População final de plantas (n ^o /m ²)	Vagens/planta (n ^o)	Grãos/vagem (n ^o)	Massa de 100 grãos (g)
Safira	31,5a	6,9a	4,4a	16,37b
Aporé	25,8b	7,0a	4,3a	21,24a

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

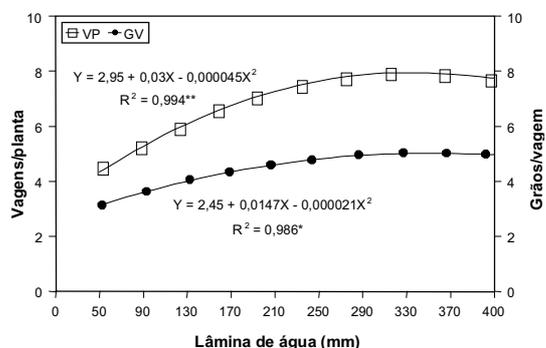


FIG. 1. Número de vagens por planta (VP) e de grãos por vagem (GV) de duas cultivares de feijoeiro, em função da lâmina total de água aplicada (médias de quatro anos).

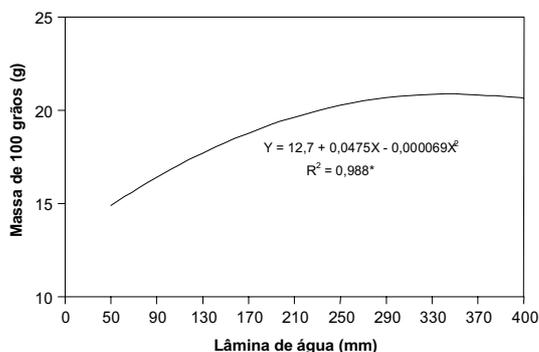


FIG. 2. Massa de 100 grãos de duas cultivares de feijoeiro, em função da lâmina total de água aplicada (médias de quatro anos).

ores produtividades com menor quantidade de água aplicada. Com a cultivar Safira, a produtividade obtida neste sistema, com 280 mm de água, foi semelhante à obtida com 400 mm no preparo com arado de aiveca, o que representa uma economia de água de 30% (Fig. 3). Com a cultivar Aporé, por ter plantas prostradas, a economia de água foi menos expressiva. A máxima produtividade desta cultivar no sistema de plantio direto mais cobertura morta foi obtida com 343 mm de água, correspondente à obtida com 400 mm no preparo com grade, o que representa uma economia de 14% (Fig. 4). Maior economia de água decorrente da cobertura do solo também foi observada por Sidiras et al. (1984) e Barros & Hanks (1993). A palhada atua na primeira fase do processo de eva-

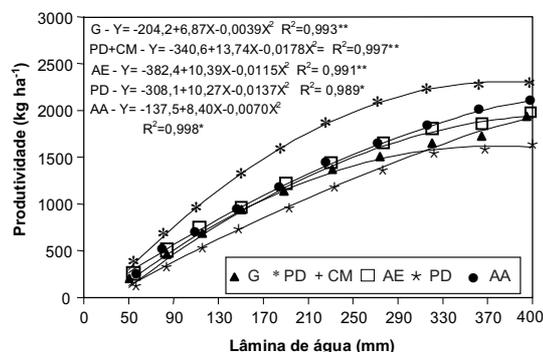


FIG. 3. Produtividade da cultivar de feijoeiro Safira em função da lâmina total de água aplicada, em diferentes sistemas de preparo do solo: G - grade; PD + CM - plantio direto mais cobertura morta; AE - arado escarificador; PD - plantio direto; AA - arado de aiveca (médias de quatro anos).

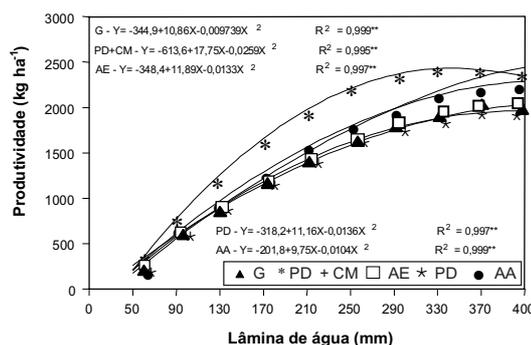


FIG. 4. Produtividade da cultivar de feijoeiro Aporé em função da lâmina total de água aplicada, em diferentes sistemas de preparo do solo: G - grade; PD + CM - plantio direto mais cobertura morta; AE - arado escarificador; PD - plantio direto; AA - arado de aiveca (médias de quatro anos).

poração da água do solo, reduzindo a taxa de evaporação diária, em razão da reflexão de energia radiante. A taxa de redução depende da magnitude da cobertura. Assim, quando a palhada é rapidamente decomposta, esse benefício não perdura ao longo do ciclo da cultura, como observaram Melo Filho & Silva (1993). Esta deve ter sido a razão de o plantio direto, em que a cobertura do solo foi rala e foi rapidamente decomposta, não se ter destacado dos demais sistemas de preparo do solo, em relação à pro-

atividade do feijoeiro, ao contrário do plantio direto mais cobertura morta, em que a adição de acículas de pinheiro, de decomposição lenta, propiciou adequada cobertura do solo.

CONCLUSÕES

1. A magnitude da resposta da produtividade do feijoeiro à lâmina de água aplicada varia com a cultivar e com o sistema de preparo do solo.

2. O plantio direto, com adequada cobertura morta, propicia maior economia de água em comparação com os demais sistemas de preparo do solo.

REFERÊNCIAS

- BARROS, L.C.G.; HANKS, R.J. Evapotranspiration and yield of beans as affected by mulch and irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.692-697, 1993.
- CORRÊA, J.C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.11, p.1317-1322, nov. 1985.
- FREITAS, P.L. Manejo físico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1., 1990, Goiânia. **Anais**. Campinas : Fundação Cargill, 1992. p.117-139.
- FRIZZONE, J.A.; OLITTA, A.F.L. Consumo de água e produção de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Item**, Brasília, n.29, p.25-29, 1987.
- HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V.P.; WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation: crop production studies. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.40, n.3, p.426-429, 1976.
- HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.211-218, fev. 1984.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.40, p.321-331, 1974.
- MELO FILHO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.2, p.291-297, 1993.
- MIRANDA, N.O.; BELMAR, N.C. Déficit hídrico y frecuencia de riego en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agricultura Técnica**, Santiago, v.37, n.3, p.111-117, 1977.
- ROTH, C.; VIEIRA, M.J. Infiltração de água no solo. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.1, n.3, p.4, 1983.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento nas culturas de verão, em Latossolo Roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.2, n.9, p.4-5, 1984.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.103-106, 1983.
- SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo e lâminas de água de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.63-67, 1990.
- SILVEIRA, P.M. da; STEINMETZ, S.; GUIMARÃES, C.M.; AIDAR, H.; CARVALHO, J.R.P. Lâminas de água e turnos de rega na cultura do feijoeiro de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.219-223, fev. 1984.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. da. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. I. Produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.161-167, fev. 1988.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.83-91, jan. 1999.
- URCHEI, M.A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e no**

- crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** Botucatu : UNESP, 1996. 150p. Tese de Doutorado.
- VIEIRA, M.J. O preparo do solo e o comportamento da planta. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.1, n.5, p.4-5, 1984.
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR (Londrina, PR). **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).
- VIEIRA, M.J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, jul. 1984.
- WEAVER, M.L.; NG, H.; BURKE, D.W.; SILBERNAGEL, M.J.; FOSTER, K.; TIMM, H. Effect of soil moisture tension on pod retention and seed yield of beans. **HortScience**, Alexandria, v.19, n.4, p.567-569, 1984.