

# EFEITOS DO SISTEMA DE PREPARO NA COMPACTAÇÃO DO SOLO, DISPONIBILIDADE HÍDRICA E COMPORTAMENTO DO FEIJOEIRO<sup>1</sup>

LUIS FERNANDO STONE e PEDRO MARQUES DA SILVEIRA<sup>2</sup>

RESUMO - Neste trabalho foram avaliados os efeitos dos sistemas de preparo com arado de aiveca, com grade aradora e plantio direto, na compactação do solo, na disponibilidade de água, no desenvolvimento radicular e na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). A área experimental consistiu de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob irrigação via pivô central, o que possibilitou dois cultivos ao ano. O preparo com arado propiciou menores valores de resistência à penetração, ao longo do perfil do solo. O preparo com grade condicionou uma camada mais compacta entre 10 e 24 cm de profundidade e, em plantio direto, houve maior compactação até 15 - 22 cm. A distribuição do sistema radicular, em profundidade, foi mais uniforme no preparo com arado. No preparo com grade houve concentração das raízes na camada de 0-10 cm de profundidade e, em plantio direto, a concentração ocorreu até 20 cm. Sob irrigação, a menor resistência do solo à penetração e a melhor distribuição do sistema radicular, no preparo com arado, não possibilitou ao feijoeiro obter maior produtividade em relação aos outros sistemas de preparo. A maior produtividade observada no plantio direto deveu-se, entre outros fatores, aos menores valores e à menor variação ao longo do ciclo da tensão matricial da água no solo, em comparação aos demais sistemas de preparo do solo.

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

## EFFECTS OF SOIL TILLAGE ON SOIL COMPACTION, AVAILABLE SOIL WATER, AND DEVELOPMENT OF COMMON BEAN

ABSTRACT - The effects of three tillage methods (moldboard ploughing, disking, and no-tillage) on soil compaction, available soil water, root development, and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield were evaluated. The experiment was carried out on a Dark Red Latosol, under center pivot sprinkler irrigation, which allows cropping twice a year. The soil under moldboard ploughing showed the lowest resistance to penetration throughout the profile, whereas under disking the soil showed a compacted layer between 10 and 24 cm deep. Higher compaction until 15-22 cm was observed under no-tillage. Crop roots were more uniformly distributed throughout the soil profile under moldboard ploughing, whereas under disking and no-tillage roots concentrated in the top 10 and 20 cm of soil, respectively. The lowest resistance to penetration and the more uniform root distribution throughout the soil profile under moldboard ploughing did not reflect on higher yield of common bean as compared to the other tillage methods, when under irrigation. The highest yield observed under no-tillage was due, in part, to the lower values of soil water matrix tension observed, and to the smaller variation in this parameter all over the crop cycle, as opposed to the other methods of soil tillage.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, no-tillage, moldboard plough, disk, irrigation.

## INTRODUÇÃO

O preparo do solo é uma prática que atua diretamente sobre a sua estrutura que, por sua vez, interage

com ou afeta uma série de características do perfil, modificando as variáveis a ela ligadas (Vieira, 1985).

O manejo do solo na região de cerrado, sobretudo em áreas irrigadas pelo sistema pivô central, tem-se caracterizado pelo preparo e revolvimento excessivos causados pelo uso intensivo de arados e grades, associado a outras práticas de cultivo, levando à pulverização da camada arável e à compactação da camada superficial (Freitas, 1992).

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 22 de junho de 1998.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPaf), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. Bolsista do CNPq. E-mail: stone@cnpaf.embrapa.br

Ultimamente, a semeadura direta do feijoeiro irrigado por aspersão na resteva da cultura anterior vem tendo aceitação cada vez maior na região central do Brasil, que é uma alternativa de manejo correto e sustentável de sistemas agrícolas intensivos.

O solo no sistema de plantio direto geralmente apresenta maiores valores de densidade do solo e microporosidade, e menores valores de macroporosidade e porosidade total, nas camadas superficiais do perfil, em comparação com o preparo convencional. Isto é decorrente, principalmente, do não-revolvimento do solo e da movimentação de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizada em solos com teores elevados de argila (Vieira, 1981; Vieira & Muzilli, 1984; Corrêa, 1985). Com o passar dos anos, sua densidade pode vir a diminuir, devido, em parte, ao aumento do conteúdo de matéria orgânica na camada superficial, favorecendo a melhoria da estrutura do solo (Fernandes et al., 1983; Reeves, 1995).

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.

As características físico-hídricas do solo, alteradas pelo preparo, influenciam o crescimento das raízes. Ricther et al. (1990) observaram maior produção de raízes em culturas em plantio direto que no preparo convencional. No entanto, no plantio direto, a maior quantidade de raízes ficou concentrada nos primeiros 15 cm do solo. Rosolem et al. (1992) verificaram que o preparo do solo com grade pesada, em primeiro lugar, e o plantio direto proporcionaram a pior distribuição de raízes do trigo, assim como sua concentração na camada superficial do solo. O preparo com arado proporcionou distribuição mais uniforme do sistema radicular.

O efeito das alterações nas características físico-hídricas do solo na produtividade do feijoeiro e na distribuição do sistema radicular, provocadas por diferentes preparos do solo, ainda não está bem determinado. Mullins et al. (1980) e Zaffaroni et al. (1991) não encontraram diferenças na produtividade do feijoeiro em plantio direto ou preparo convencional do solo. Knavel & Herron (1986), Mullins & Straw (1988), Sampaio et al. (1989) e Siqueira (1989), por sua vez, observaram maior produtividade em preparo convencional, enquanto Skarphol & Corey (1987), em ano de menor ocorrência de chuvas e Urchei (1996), sob irrigação, verificaram maior produtividade em plantio direto.

O objetivo deste trabalho foi verificar como diferentes sistemas de preparo do solo afetam a compactação e a disponibilidade de água do solo, a distribuição do sistema radicular e a produtividade do feijoeiro irrigado por aspersão.

## MATERIAL E MÉTODOS

As determinações realizadas neste trabalho foram feitas em experimento instalado sob pivô central, em Latossolo Vermelho-Escuro, na Fazenda Capivara, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO. Neste experimento são comparados, em faixas de aproximadamente 9.000 m<sup>2</sup>, diversos sistemas de preparo do solo. Para o estudo foram selecionados três tratamentos: sistema de preparo com arado de aiveca mais uma gradagem niveladora; sistema de preparo com grade aradora mais uma gradagem niveladora; e plantio direto. A grade mobilizou o solo até a profundidade de 10-15 cm e o arado até 30-35 cm. A área é cultivada duas vezes por ano, uma na época das chuvas, com semeadura em novembro, outra com irrigação, com semeadura em junho. Na época das chuvas são cultivados arroz, milho e soja e, sob irrigação, são cultivados feijão e trigo. As determinações foram feitas na cultura do feijoeiro, durante o quarto e o sexto cultivos da área, implantados em 2.6.94 e 20.6.95, respectivamente. A cultivar foi a Aporé, semeada com 45 cm entre linhas e 15 sementes por metro. A adubação de base foi 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-16. A adubação nitrogenada em cobertura foi aos 30 dias após a emergência das plantas, com 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio.

A resistência do solo à penetração foi determinada por ocasião do florescimento, com 18 repetições por trata-

mento, mediante o uso de um penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-Stolf, conforme descrito por Stolf et al. (1983). Os dados obtidos com o penetrômetro foram transformados em resistência do solo pelo uso da fórmula proposta por Stolf (1991), adaptada para expressão dos resultados em kPa:

$$R = 549,2 + 675,7 N,$$

onde: R = resistência do solo, em kPa; N = número de impactos/dm.

Para determinação da densidade radicular coletaram-se, com trado de 0,5 dm<sup>3</sup> de volume, amostras de raízes mais solo até 50 cm de profundidade, em intervalos de 10 cm, em nove repetições por tratamento. As raízes foram separadas do solo por lavagem e peneiramento conforme método descrito por Jones et al. (1979). As raízes foram secas em estufa a 75°C e pesadas. A densidade radicular foi expressa em gramas de raiz por dm<sup>3</sup> de solo. As amostragens foram por ocasião do florescimento, a 5 cm da linha das plantas. Para avaliar a distribuição relativa do sistema radicular, os valores obtidos em cada profundidade do solo foram transformados em porcentagem do total.

A tensão matricial da água no solo foi determinada mediante o uso de três baterias de tensiômetros por tratamento. Os tensiômetros com vacuômetro metálico foram instalados a 15 e 30 cm de profundidade. As medidas foram realizadas às 9h da manhã, no período de 5 a 84 dias após a emergência do feijoeiro, durante o quarto cultivo, e no período de 30 a 78 dias após a emergência, no sexto cultivo.

A lâmina de água aplicada em cada irrigação foi medida por pluviômetros instalados nas faixas submetidas aos diferentes tratamentos. No quarto cultivo, a lâmina total de irrigação foi 307,9 mm e no sexto, 328,4 mm.

Os dados de produtividade, obtidos em 9 m<sup>2</sup>, com nove repetições, foram submetidos à análise estatística segundo o delineamento inteiramente casualizado. A análise estatística dos dados de densidade radicular foi feita de acordo com o mesmo delineamento, mas com parcelas subdivididas. Os sistemas de preparo constituíram as parcelas e as profundidades de amostragem, as subparcelas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência do solo à penetração (R) na camada de 0-15 cm de profundidade foi semelhante nas faixas com os tratamentos arado de aiveca e grade e, por sua vez, menor que na faixa com o tratamento de plantio direto (Figs. 1 e 2). Entre 15 e 40 cm de profundidade, o valor de R foi menor no arado em com-

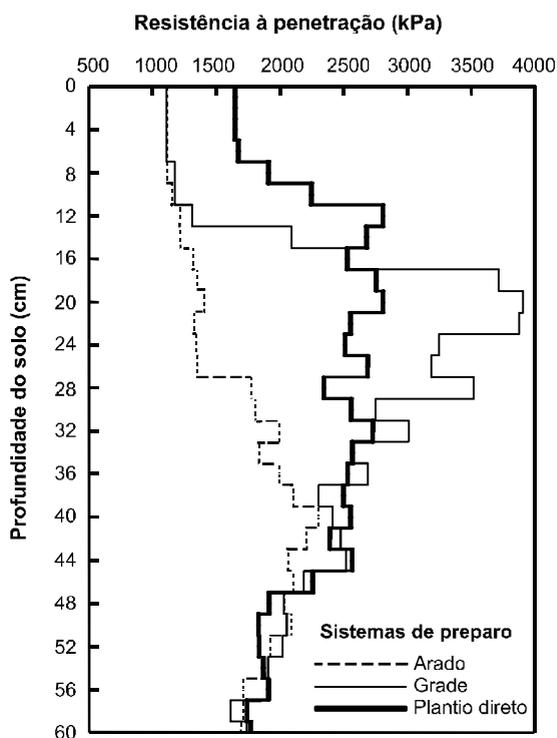


FIG. 1. Resistência do solo à penetração, perfil (0 - 60 cm), em três sistemas de preparo do solo, por ocasião do florescimento do feijoeiro, no quarto cultivo (1994).

paração aos demais sistemas de preparo. Em profundidades maiores que 40 cm, os sistemas de preparo do solo não diferiram entre si, em relação a R.

A grade apresentou, no quarto cultivo, grande aumento no valor de R em camadas mais profundas que 12 cm, atingindo valores máximos entre 20 e 24 cm. Já no sexto cultivo, o aumento no valor de R ao longo do perfil foi mais gradual nesse tratamento, começando aos 10 cm e atingindo o máximo também por volta de 24 cm de profundidade.

As diferenças entre o arado e a grade, com relação aos valores de R, estão relacionadas à profundidade e modo de ação de cada implemento. A grade trabalhou entre 10 e 15 cm de profundidade, assim, após essa profundidade, o solo não foi revolvido e sofreu a pressão do implemento formando o chamado pé-de-grade. Por sua vez, o arado revolveu o solo mais profundamente, entre 30 e 35 cm. Smittle & Threadgill (1977) verificaram

aumentos no valor de R após 10 e 28 cm, em solos preparados com grade pesada e arado de aiveca, respectivamente. Silveira et al. (1994) observaram que, após quatro anos de aração feita a 30 cm de profundidade, houve redução na densidade do solo nas profundidades de 20 e 30 cm.

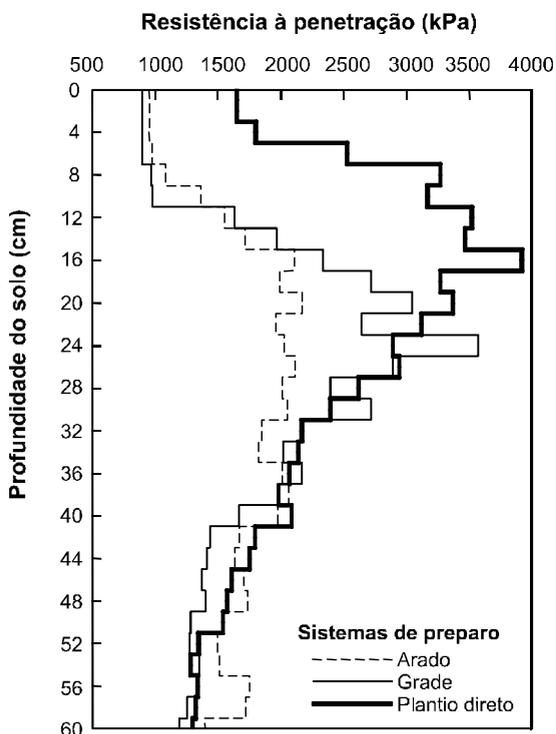


FIG. 2. Resistência do solo à penetração, perfil (0 – 60 cm), em três sistemas de preparo do solo, por ocasião do florescimento do feijoeiro, no sexto cultivo (1995).

O plantio direto apresentou, no quarto cultivo, até cerca de 15 cm de profundidade, maiores valores de R que o arado ou a grade. No sexto cultivo, o mesmo comportamento foi verificado até cerca de 22 cm de profundidade. Valores elevados de R na camada superficial, no plantio direto, também foram observados por Resck et al. (1995). Siqueira (1989) constatou que, em plantio direto, a densidade do solo cultivado com feijoeiro foi superior àquela observada no solo preparado com arado de disco. O arranjo natural do solo pelo seu não-revolvimento e a movimentação de máquinas e implementos agrícolas ocasionam aumento da densidade do solo e redução da porosidade total, na camada superficial, nos primeiros anos de implantação do plantio direto (Vieira & Muzilli, 1984; Corrêa, 1985).

O comportamento dos sistemas de preparo do solo em relação à resistência à penetração refletiu-se na distribuição do sistema radicular do feijoeiro. Na grade houve, nos dois cultivos, maior concentração de raízes na camada de solo de 0-10 cm de profundidade (Tabela 1), provavelmente em virtude do aumento em R a partir de 10-12 cm. No arado, em que a mobilização do solo foi feita em maior profundidade, a distribuição do sistema radicular, em profundidade, foi mais uniforme. No plantio direto, a distribuição apresentou uma situação intermediária entre o preparo com grade e o com arado, havendo maior concentração de raízes até 20 cm de profundidade. Rosolem et al. (1992) também verificaram, com trigo, que o preparo do solo com grade, em primeiro lugar, e o plantio direto concentraram as raízes na camada superficial do solo, enquanto o

TABELA 1. Valores médios de densidade radicular do feijoeiro em cinco profundidades, em três sistemas de preparo do solo e em duas épocas de avaliação (quarto e sexto cultivos)<sup>1</sup>.

Profundidade do solo (cm)	Densidade radicular (g dm <sup>-3</sup> )					
	4º cultivo			6º cultivo		
	Arado	Grade	Plantio direto	Arado	Grade	Plantio direto
0-10	1,62Ba	3,94Aa	1,94Ba	1,40Ba	4,06Aa	2,40ABa
10-20	1,14Aab	1,40Ab	1,57Aab	0,87Aa	1,11Ab	1,22Aab
20-30	0,87Aab	0,76Abc	0,58Abc	0,40Aa	0,51Ab	0,55Aab
30-40	0,53Ab	0,29Ac	0,45Ac	0,34Aa	0,51Ab	0,28Ab
40-50	0,38Ab	0,25Ac	0,45Ac	0,32Aa	0,27Ab	0,26Ab

<sup>1</sup> Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras maiúsculas para comparação na horizontal e minúsculas para comparação na vertical.

preparo com arado proporcionou distribuição mais uniforme do sistema radicular. Ramos & Dedecek (1979) observaram que o preparo com duas passadas de grade niveladora concentrou as raízes de soja nos primeiros 10 cm do solo.

A distribuição do sistema radicular no perfil pode ser analisada também pela densidade radicular relativa (Fig. 3). Cerca de 60% do sistema radicular concentrou-se nos primeiros 10 cm de profundidade, no tratamento grade. Fica evidente também a distribuição mais uniforme do sistema radicular no sistema arado, que nos demais. A concentração de raízes até 30 cm de profundidade variou de 80% a 92%, dependendo do sistema de preparo do solo. Tais valores estão de acordo com os observados por Caixeta et al. (1983), Pires et al. (1991) e Stone & Pereira (1994).

A tensão matricial da água no solo a 15 cm de profundidade, no quarto cultivo, no sistema de plantio direto, manteve-se sempre abaixo de 40 kPa (Fig. 4a), que é o valor máximo recomendado por Silveira & Stone (1994) para reinício da irrigação, para que não haja redução na produtividade do feijoeiro. Nos demais sistemas de preparo, apesar de a tensão atingir maiores valores, manteve-se abaixo do limite, até cerca de 70 dias após a emergência. Depois disso, o feijoeiro entrou no estágio de maturação, em que a necessidade de água foi menor e a irrigação menos intensa, fazendo com que a tensão matricial da água ultrapassasse o valor de

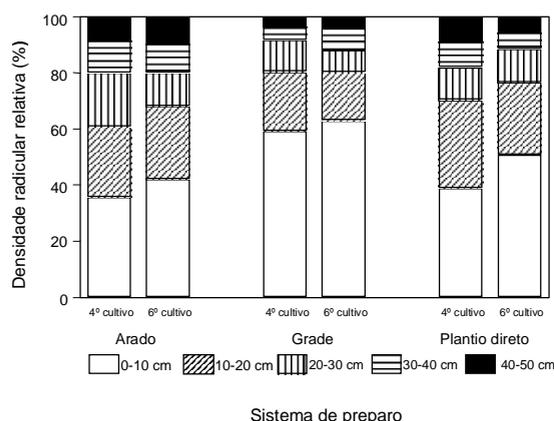


FIG. 3. Distribuição relativa do sistema radicular do feijoeiro no florescimento, em três sistemas de preparo do solo, no quarto (1994) e sexto (1995) cultivos.

40 kPa. De maneira geral, o preparo com arado propiciou maiores tensões da água no solo, indicando menor disponibilidade para a cultura. Sistemas de preparo que provocam maior revolvimento do solo e, portanto, aumentam o seu volume, armazenam menos água na camada revolvida comparado à outra camada idêntica sem revolvimento (Vieira, 1984). A maior retenção de água no plantio direto está relacionada ao maior volume de microporos (Urchei, 1996). A tensão matricial da água do solo, à 30 cm de profundidade (Fig. 4b), manteve-se, de maneira geral, mais baixa e com menor variação do que à 15 cm, indicando que as plantas não sofreram falta de água. Pires et al. (1991) e Saad & Libardi (1994)

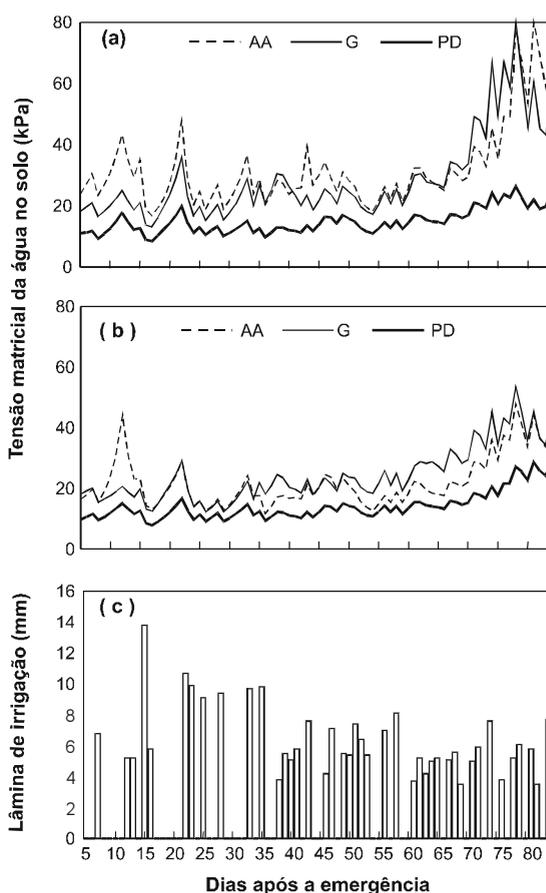


FIG. 4. Tensão matricial da água do solo a 15 cm (a) e a 30 cm (b) de profundidade e lâmina de irrigação aplicada (c), ao longo do ciclo do feijoeiro, em três sistemas de preparo do solo, no quarto cultivo (1994).

consideraram a camada 0-30 cm adequada para controle da irrigação do feijoeiro em pivô central.

A área experimental estava inserida em uma gleba de produção de grãos preparada com arado de aiveca, desta forma a irrigação do experimento foi manejada em virtude dessa característica. Assim, na faixa preparada com arado apenas poucas vezes deixou-se o solo secar até atingir a tensão matricial de 40 kPa na profundidade de 15 cm e as lâminas de irrigação aplicadas (Fig. 4c) foram insuficientes para levar a umidade do solo à capacidade de campo, correspondente nesse solo à tensão de 8 kPa. No sexto cultivo, o manejo da irrigação foi ainda mais inadequado (Fig. 5), com frequência excessiva e lâminas menores do que a necessária.

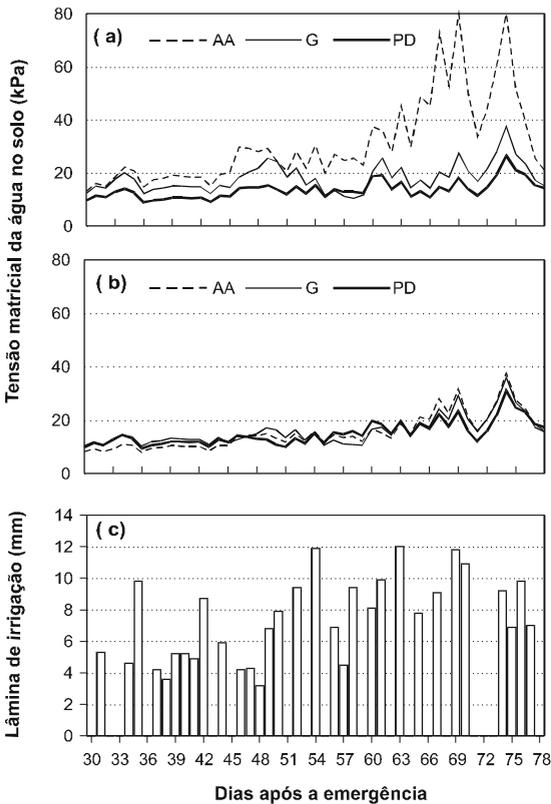


FIG. 5. Tensão matricial da água do solo a 15 cm (a) e a 30 cm (b) de profundidade e lâmina de irrigação aplicada (c), ao longo do ciclo do feijoeiro, em três sistemas de preparo do solo, no sexto cultivo (1995).

No sexto cultivo, a tensão matricial da água no solo também ficou abaixo do valor crítico em todos os sistemas de preparo, até cerca de 65 dias após a emergência. Nesse caso, as tensões de água no solo foram também mais elevadas no sistema arado, especialmente na fase final do ciclo. Urchei (1996), em condições de cerrado, também verificou que a tensão de água no solo, em plantio direto, foi, ao longo do ciclo do feijoeiro irrigado, sempre menor que no preparo convencional do solo.

A maior disponibilidade de água em plantio direto, evidenciada neste trabalho, foi também observada por vários autores (Lal, 1974; Vieira, 1981; Sidiras et al., 1983; Salton & Mielniczuk, 1995) e está relacionada ao não-revolvimento do solo, menor temperatura e maior cobertura superficial (Vieira, 1984). O plantio direto mantém maiores taxas de infiltração de água por evitar a formação de crostas superficiais e por aumentar o tempo de oportunidade da infiltração por causa da maior rugosidade da superfície. Além disso, os resíduos atuam na conservação da água pela redução das taxas de evaporação decorrentes da reflexão de energia radiante. Barros & Hanks (1993) verificaram que a evapotranspiração do feijoeiro foi menor em parcelas com cobertura morta em relação ao solo nu.

No sistema de preparo com arado, em condições irrigadas, menor resistência do solo à penetração e melhor distribuição do sistema radicular não possibilitaram ao feijoeiro obter maior produtividade em relação aos outros tratamentos (Fig. 6). Silveira et al. (1994), comparando, sob irrigação, aração a

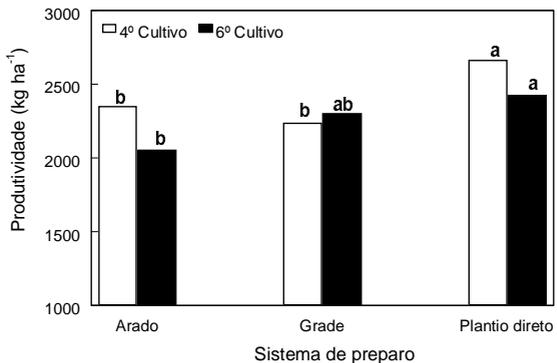


FIG. 6. Produtividade do feijoeiro em três sistemas de preparo do solo, no quarto (1994) e sexto (1995) cultivos. Médias comparadas, em cada cultivo, pelo teste de Tukey a 5%.

15 e a 30 cm de profundidade, não encontraram diferenças com relação à produtividade do feijoeiro. Silva (1992) não observou diferenças entre o preparo do solo com grade ou com arado de disco, quanto ao rendimento do feijoeiro.

A produtividade em plantio direto, diferente do observado em condições de sequeiro por vários pesquisadores (Knavel & Herron, 1986; Sampaio et al., 1989; Siqueira, 1989), não foi inferior à obtida sob outros preparos do solo. Ao contrário, a menor variação e os valores mais baixos da tensão da água no solo, condicionando maior disponibilidade de água, influenciaram positivamente na produtividade, concordando com o observado por Urchei (1996) em condições de cerrado, para o feijoeiro irrigado. Além da maior disponibilidade de água, a maior produtividade em plantio direto tem sido atribuída também ao acúmulo de nutrientes na camada superficial e à maior atividade biológica, condicionada pela maior umidade e menor temperatura do solo, com reflexos na solubilização, na liberação de nutrientes e na eficiência da absorção pelas plantas (Muzilli, 1983; Sá, 1993; Urchei, 1996).

### CONCLUSÕES

1. O sistema de preparo com arado de aiveca propicia menores valores de resistência à penetração, ao longo do perfil do solo.

2. O sistema de preparo com grade aradora propicia a formação de uma camada mais compacta entre 10 e 24 cm de profundidade.

3. O plantio direto propicia maior compactação até 15-22 cm de profundidade.

4. A distribuição do sistema radicular em profundidade é mais uniforme no preparo com arado.

5. No preparo com grade há concentração de cerca de 60% das raízes na camada de 0-10 cm; no plantio direto as raízes se concentram nos primeiros 20 cm de profundidade.

6. A tensão matricial da água no solo é menor e menos variável ao longo do ciclo do feijoeiro em plantio direto, em comparação aos demais sistemas de preparo do solo.

7. Sob irrigação, a menor resistência do solo à penetração e a melhor distribuição do sistema radicular, no preparo com arado, não propicia maior produtividade do feijoeiro em comparação aos 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.
- CAIXETA, T.J.; PURCINO, J.R.C.; SILVA, L. Irrigação de algumas culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.100, p.65-76, 1983.
- 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.
- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; MANNERING, J.V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p.329-333, 1983.
- FREITAS, P.L. Manejo físico do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1., 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fund. Cargill, 1992. p.117-139.
- JONES, C.A.; TAN, N.V.; ZIMMERMANN, F.J.P. Root system development in upland rice on three Brazilian Latosols. In: LAL, R.; GREENLAND, D.J. (Eds.). **Soil physical properties and crop production in the tropics**. New York: John Wiley & Sons, 1979. p.385-392.
- KNAVEL, D.E.; HERRON, J.W. Response of vegetable crops to nitrogen rates in tillage systems with and without vetch and ryegrass. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.111, n.4, p.502-507, 1986.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. **Plant and Soil**, Amsterdam, v.40, p.321-331, 1974.

- MULLINS, C.A.; STRAW, R.A. Production of snap beans as affected by soil tillage method and row spacing. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.113, n.5, p.667-669, 1988.
- MULLINS, C.A.; TOMPKINS, F.D.; PARKS, W.L. Effects of tillage methods on soil nutrient distribution, plant nutrient absorption, stand, and yield of snap beans and lima beans. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.105, p.591-593, 1980.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.
- PIRES, R.C. de; ARRUDA, F.B.; FUJIWARA, M.; SAKAI, E.; BORTOLETTO, N. Profundidade do sistema radicular das culturas de feijão e trigo sob pivô central. **Bragantia**, Campinas, v.50, n.1, p.153-162, 1991.
- RAMOS, M.; DEDECEK, R. Efeitos de sistemas de preparo do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.149-153, abr. 1979.
- REEVES, D.W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos**. Passo Fundo: Embrapa-CNPQ, 1995. p.127-130.
- RESCK, D.V.S.; FERREIRA, C. de A.; GOMES, A.C.; SILVA, J.E. da. Efeito do plantio direto e do arado de discos nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob vegetação de Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS/UFV, 1995. v.4. p.1840-1842.
- RICHTER, D.D.; BARBAR, L.I.; HUSTON, M.A.; JAEGER, M. Effects of annual tillage on organic carbon in a fine-textured udalf: the importance of root dynamics to soil carbon storage. **Soil Science**, Baltimore, v.48, n.3, p.78-83, 1990.
- ROSOLEM, C.A.; FURLANI JUNIOR, E.; BICUDO, S.J.; MOURA, E.G.; BULHÕES, L.H. Preparo do solo e sistema radicular do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.115-120, 1992.
- SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fund. ABC, 1993. 96p.
- SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigada por pivô central em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.3, p.529-532, 1994.
- 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.
- SAMPAIO, G.V.; GALVÃO, J.D.; FONTES, L.A.N.; FIGUEIREDO, M. de S.; CARDOSO, A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.36, p.465-482, 1989.
- 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, p.103-106, 1983.
- SILVA, J.G. da. **Ordens de gradagens e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Botucatu: UNESP, 1992. 180p. Tese de Doutorado.
- SILVEIRA, P.M. da; SILVA, S.C. da; SILVA, O.F. da; DAMACENO, M.A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1243-1252, ago. 1994.
- SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 46p. (Embrapa-CNPAC. Circular técnica, 27).
- SIQUEIRA, N. de S. **Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo**. Viçosa: UFV, 1989. 106p. Tese de Mestrado.
- SKARPHOL, B.J.; COREY, K.A. Response of snap beans to tillage and cover crop combinations. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.112, p.936-941, 1987.
- SMITTLE, D.A.; THREADGILL, E.D. Response of southernpea (*Vigna unguiculata* L.) to tillage methods. **Hortscience**, Alexandria, v.12, p.556-558, 1977.

- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.229-235, 1991.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Penetrômetro de impacto IAA/PLANALSUCAR-Stolf: recomendação para seu uso. **STAB**, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23, 1983.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.6, p.939-954, jun. 1994.
- 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. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Coords.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fund. Cargill, 1985. p.163-179.
- 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.
- ZAFFARONI, E.; BARROS, H.H. de A.; NÓBREGA, J.A.M.; LACERDA, J.T. de; SOUZA JUNIOR, V.E. de. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agrônômicas de milho e feijão no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.15, n.1, p.99-104, 1991.