

Adubação verde em *Citrus*: influência na porosidade e retenção de água de um latossolo vermelho-escuro do noroeste do estado de São Paulo

Water use in *Citrus*: effect on porosity in water retention in a “Latosolo vermelho-escuro” of Northeast of Estado de Sao Paulo

CRISTINA ALVES, M.¹; BARBOSA PAULINO, H.^{2,3}; CAMILLO DE CARVALHO, M. A.^{2,4} & MENEZES DE SOUZA, Z.^{5,4}

ABSTRACT

The objective of this research was to study the porosity, bulk density and retention of water of an Oxisol, located in the Northwestern region of São Paulo state, Brazil. The soil was cultivated with *Citrus* sp., to which green manure was applied between rows for three years. Each of six species of green manure crops (*Crotalaria juncea* L., *Mucuna deeringiana* Steph. & Bart., *Canavalia ensiformis* L. DC., *Cajanus cajan* L., *Lablab purpureum* L. and *Ricinus communis* L.) were seeded for three years (1995, 1996 and 1997) between *Citrus* rows, plus a treatment with a mix of all six species and a control (natural regrowth of vegetation). The experimental design was a randomized complete block design, with four replications for each of the eight treatments. Water retention, microporosity, macroporosity, total porosity and bulk density were analyzed in the beginning (1995) and end (1997) of the experiment, at three depth ranges (0-0.10; 0.10-0.20 and 0.20-0.40m). We concluded that there were statistically significant differences for bulk density, macroporosity, total porosity and retention of water among the different soil depth ranges; there were no significant differences among treatments though.

Key words: soil physical characteristics, *Citrus*, green manure, total porosity, macroporosity, bulk density.

- (1) Prof. Dr. Depto. de Ciencia do Solo e Enxenharia Rural, FEIS/UNESP, C.P.31, CEP 15385-000 – Ilha Solteira, SP – E-mail: mcalves@agr.feis.unesp.br
- (2) Pós graduando do Depto. de Fitotecnia - FCAV-UNESP/Jaboticabal, C.P.31, CEP 15385-000 – Ilha Solteira, SP – E-mail: helder@fcav.unesp.br e carvalho@agr.feis.unesp.br
- (3) Bolsista CAPES
- (4) Bolsista FAPESP
- (5) Pós graduando FEIS/UNESP, C.P.31, CEP 15.385-000 - Ilha Solteira, SP.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das plantas é influenciado por cinco fatores, denominados de fatores de crescimento das plantas. São eles: suporte para as plantas, disponibilidade de nutrientes essenciais, disponibilidade de água, disponibilidade de oxigênio na zona das raízes e ausência de fatores inibidores. Para que um solo ofereça boas condições de suporte às plantas, ele deve apresentar baixa resistência mecânica à penetração de raízes e um volume adequado de solo explorável pelas mesmas.

Os efeitos prejudiciais causados pela falta de conhecimento e tecnologia apropriada no manejo de qualquer cultura levam à degradação do solo e do ambiente. Como consequência imediata, nas condições físicas do solo, ocorre a modificação da sua relação massa/volume. Com isso há uma diminuição da entrada de água no perfil do solo e no comportamento da sua redistribuição e retenção. Isto acontece devido as alterações da porosidade do solo, principalmente na sua distribuição de tamanho de poros.

Os problemas resultantes do uso inadequado do solo requerem soluções ecléticas tais como a adoção de métodos integrados de recuperação, que resultem na regeneração dos solos, inclusive modificando suas características MAGNANINI (1966). A recuperação de solos degradados pode ser buscada através de cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento, rápido desenvolvimento de cobertura, agressividade suficiente para controlar invasoras e que melhorem as condições físicas e a fertilidade do solo SKERMAN (1971).

O uso de adubo verde causa não só um efeito químico no solo, como também, o físico e o biológico, isto devido a incorporação do material vegetal. Porém, a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos nas regiões tropicais é alta. Sob o aspecto agrônomico, isto representa que, para se manter o mesmo teor de húmus no solo, é necessário incorporar muito mais resíduos orgânicos nas regiões tropicais e com mais frequência.

O efeito benéfico da utilização da adubação verde na melhoria das características químicas dos solos, como forma de incorporação de nutrientes pode ser visto no trabalho de GALLO & RODRIGUES (1960), onde a utilização de adubação verde permitiu a incorporação de quantidades expressivas de nutrientes em pomares cítricos.

Além dos benefícios nas características químicas do solo, a utilização de manejo conservacionista, como a utilização de adubos verdes, pode proporcionar alterações nas características físicas do solo, possibilitando maior conteúdo de água disponível para as culturas diminuindo o stress da planta sobre curto período de déficit hídrico (verânico) ALBUQUERQUE *et al.* (1995), os quais são comuns, na região do experimento, nos meses de janeiro e fevereiro.

Na região do presente estudo, a fruticultura tem se difundido, porém os solos encontram-se degradados. Mediante o exposto, foi desenvolvido esta pesquisa com o objetivo de estudar as alterações na porosidade, densidade do solo e retenção de água, numa área cultivada com citrus, mediante o emprego de diversas espécies

de adubos verdes, cultivados na entrelinha.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido numa propriedade rural no município de Nova Canaã Paulista, no Noroeste do Estado de São. As médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar são de 1370 mm, 23 °C e 70-80 % respectivamente. A área de estudo possui um pomar de laranja, copa Pêra (*Citrus sinensis* L.), plantada em janeiro de 1995, sendo o porta enxerto utilizado limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck), no espaçamento de 7x5 m. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro textura média, sendo o relevo do local suave ondulado a ondulado.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela composta de 5 plantas, 4 metros de largura e 25 metros de comprimento, perfazendo um total de 100 m² para cada parcela. Os tratamentos foram constituídos por seis espécies de plantas, utilizadas como adubo verde: Mucuna anã (*Mucuna deeringiana* (Sin. *Stizolobium deeringianum*) Steph e Bart); Feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L DC); Crotalária (*Crotalaria juncea* L); Guandu (*Cajanus cajan* L); Labe-labe (*Lablab purpureum* L Sweet); Mamona (*Ricinus communis* L), um tratamento com a mistura de todas as espécies e, testemunha sem adubação verde (vegetação espontânea). Os adubos verdes foram semeados na entrelinha da cultura de *Citrus* sp em abril de 1995, janeiro de 1996 e janeiro de 1997, sendo realizado seu manejo aos 70

dias após a semeadura, destruindo-se a parte aérea com o uso de roçadeira, deixando-se sobre o solo o material orgânico. Os adubos verdes foram semeados no seguinte esquema: Mucuna anã, Feijão de porco, Labe-labe e Mamona: espaçamento entrelinhas de 0,50 m e sete a dez sementes/metro linear; Crotalária: espaçamento entrelinhas de 0,25 m e 30 sementes/metro linear; Guandu: espaçamento entrelinhas de 0,50 m e 18 sementes/metro linear; e mistura de espécies: efetuou-se a mistura de todas as espécies, guardando a devida proporção de sementes para cada espécie, e realizou a semeadura a lanço.

No início do experimento (1995) e após três anos (1997) de implantação dos tratamentos foram realizadas as avaliações da porosidade total, macroporosidade, densidade do solo e retenção de água na capacidade de campo, nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Para cada parcela em estudo, a amostragem de solo foi realizada em abril de 1997. As amostras indeformadas foram coletadas em anéis volumétricos com capacidade de 10⁻⁴m³, e o método empregado para a determinação da porosidade total, macroporosidade e retenção de água foi o da "mesa de tensão", segundo VOMOCIL (1965) e LEANER & SHAW (1941), modificado por KIEHL (1979); b) densidade do solo - com as mesmas amostras coletadas para caracterizar a porosidade e retenção de água a 6 kPa, determinou-se a densidade do solo, usando o método de BLAKE (1965).

O estudo estatístico constou da análise da variância dos dados originais e aplicação do teste de Tukey a 5%, para compa-

ração entre as médias obtidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 estão apresentados os valores médios e significância de F, para densidade do solo, macroporosidade, porosidade total e retenção de água na capacidade de campo. Observa-se que houve diferença significativa entre os anos de avaliação, para densidade do solo, porosidade total e retenção de água do solo. Com relação aos adubos verdes, não ocorreu diferença significativa entre os mesmos, para nenhuma das características, já para profundidades, ocorreram diferenças significativas entre as mesmas, ao nível de 1% de significância pelo teste F. Houve interação significativa entre ano e adubo verde apenas para porosidade total. Ocorreu interação significativa entre adubo verde e profundidade para macroporosidade, porosidade total e retenção de água do solo. Não houve interação entre adubo verde e profundidade e, nem entre adubo verde, profundidade e ano.

Na figura 1 está representado a densi-

dade do solo na área do experimento, no primeiro e terceiro ano de instalação, para os diferentes tratamentos com adubação verde e testemunha. Os valores variaram de 1,50 a 1,61 kg dm⁻³, no primeiro ano, e de 1,43 a 1,47 kg dm⁻³ no terceiro ano de estudo. Verificou-se que todos os tratamentos, à exceção da crotalaria, apresentaram uma redução significativa, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, na densidade do solo, no terceiro ano de experimentação. SILVA *et al.* (1986) e CAVENAGE *et al.* (1999) observaram para Latossolos, em condições naturais, valor médio de 1,25 kg dm⁻³, na profundidade de 0-0,40 m. Nota-se que, os valores encontrados no presente trabalho, são superiores àqueles em condições naturais, para esse tipo de solo, e que o manejo adotado proporcionou melhoria na densidade do solo, ao longo dos três anos, tempo este não suficiente ainda para proporcionar diferenças significativas entre os tratamentos.

Os valores de densidade do solo para as diferentes profundidades estudadas, estão apresentados na figura 2. Nos dois anos de

Causa de variação	Densidade do solo	Macroporosidade	Porosidade Total	Retenção de água do solo
Ano (A)	66,92 **	2,78 ns	18,81 **	4,74 *
Adubos Verdes (AV)	0,88 ns	0,77 ns	0,34 ns	1,64 ns
Profundidades (P)	38,14 **	18,01 **	30,85 **	10,63 **
A*AV	1,26 ns	0,81 ns	2,16 *	1,82 ns
A*P	10,44 ns	26,51 **	13,15 **	9,91 **
AV*P	0,67 ns	0,71 ns	0,48 ns	0,64 ns

Quadro 1. Valores médios e significância de F, para densidade do solo (kgdm⁻³), macroporosidade (m³m⁻³), porosidade total (m³m⁻³) e retenção de água do solo a 0,06 bar (m³m⁻³); (ns) não significativo, (*) significativo a 1% e (**) significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

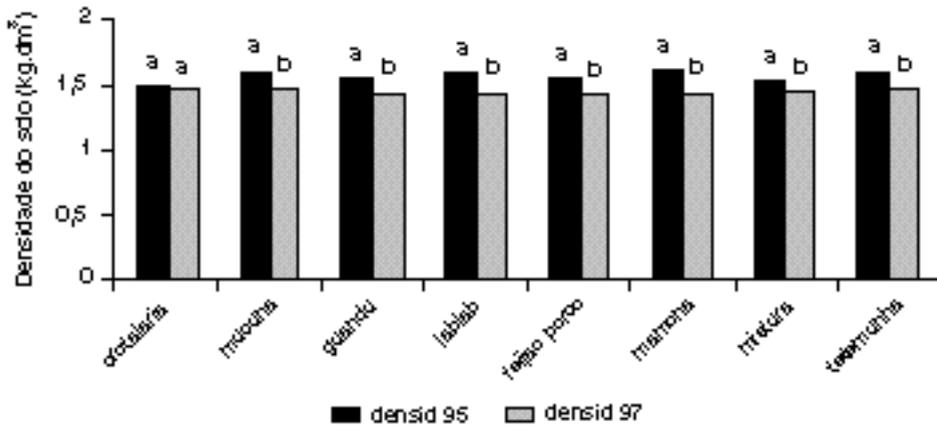


Figura 1. Densidade do solo em pomar cítrico, para os diferentes tratamentos, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras diferentes, em cada tratamento, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

avaliação, a camada de 0,10-0,20 m diferiu significativamente das demais, apresentando os maiores valores. Comportamento semelhante a este foi observado por CENTURION & DEMATTÊ (1985), CENTURION (1987), HAKOYAMA *et al.* (1985), ALBUQUERQUE *et al.* (1995) e CAVENAGE *et al.* (1999), os quais atribuem este comportamento a utilização contínua de implementos agrícolas, em mesma profundidade, por vários anos, ocasionando com isso camada de compactação.

No primeiro ano de avaliação, a camada de 0-0,10 m não diferiu da camada de 0,20-0,40 m. Já no segundo ano a camada de 0-0,10 m apresentou o menor valor de densidade, sendo este diferente significativamente dos demais. Isso se deve, provavelmente, ao efeito dos tratamentos nessa camada, em virtude do sistema de manejo

adotado. Para todas as camadas ocorreu diminuição, significativa, da densidade do solo após o período de três anos com os tratamentos implantados.

Os valores médios de macroporosidade do solo em função dos tratamentos, encontram-se apresentados na figura 3. Verifica-se que os valores variaram de 0,08 a 0,12 e de 0,09 a 0,12 m^3m^{-3} , respectivamente para os anos de 1995 e 1997. O valor considerado ideal para um bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas é de 0,16 m^3m^{-3} , segundo KIEHL (1979) e BAVER (1972). Os autores mencionam que o valor mínimo para que não ocorra prejuízos no desenvolvimento do sistema radicular é de 0,10 m^3m^{-3} . DA ROS *et al.* (1997) em estudo realizado no mesmo tipo de solo, verificaram, para as condições naturais, valores variando de 0,10 a 0,14 m^3m^{-3} na profundidade de 0 a 0,21 m, sendo esses próximos aos observados no

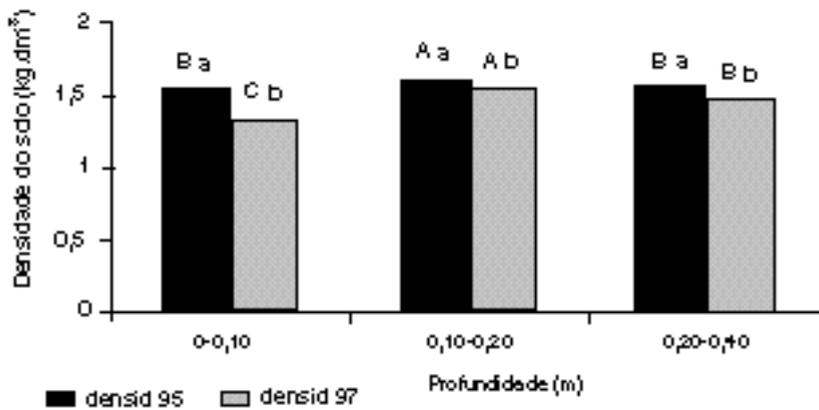


Figura 2. Densidade do solo em pomar cítrico, em diferentes profundidades, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras maiúsculas diferentes, as profundidades diferem entre si, dentro de cada ano. Letras minúsculas diferentes, os anos diferem entre si dentro de cada profundidade, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = 5,43; DMS (ano dentro de profundidade) = 0,05, DMS (profundidade dentro de ano) = 0,06.

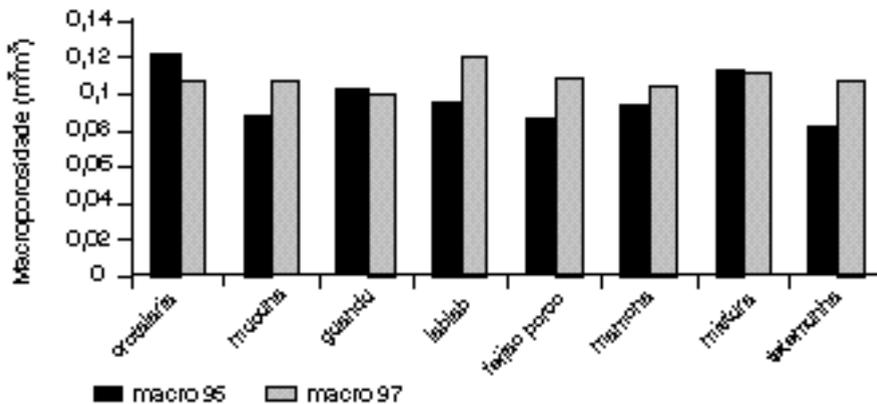


Figura 3. Macroporosidade do solo em pomar cítrico, para os diferentes tratamentos, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997).

presentes experimento após três anos. Observa-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos com relação à macroporosidade para os anos de avaliação. Porém, verificou-se que alguns tra-

tamentos, com o sistema de manejo adotado, proporcionam aumentos no volume de macroporos da ordem de 26% (feijão de porco e lablab) a 30% (testemunha), enquanto outros proporcionaram redução

de até 12 % (crotalária). Esse fato deixa claro que a escolha do adubo verde assume grande importância, não só com relação a redução da compactação do solo, como também na estruturação e distribuição de poros do solo, que cada adubo proporciona.

Pode-se observar na figura 4 os valores médios de macroporosidade em função das profundidades, para os anos de avaliação. Nota-se que no ano de 1995 o maior volume de macroporos encontra-se na profundidade de 0,20-0,40 m, e no ano de 1997 na profundidade de 0-0,10 m, sendo estes superiores, significativamente, aos demais, em cada ano. Com relação a anos dentro de cada profundidade, observa-se que ocorreram diferenças significativas entre os mesmos. Na profundidade de 0-0,10 m notou-se um aumento do volume de

macroporos, de 1995 para 1997. Para as camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m verificou-se comportamento contrário, ou seja, diminuição do volume de macroporos de 1995 para 1997. O menor volume de macroporos na camada de 0,10-0,20 m indica haver uma camada compactada, o que confirma a íntima relação do volume de macroporos com a densidade do solo, relação essa que também foi observada por HAKOYAMA *et al.* (1995) e DA ROS *et al.* (1997).

Observa-se na figura 5 os valores médios de porosidade total do solo em função dos tratamentos, os quais variaram de 0,37 a 0,40 m^3m^{-3} , para o ano de 1995 e de 0,39 a 0,42 m^3m^{-3} para o ano de 1997, estando estes dentro da faixa de 0,30 a 0,60 m^3m^{-3} para solos minerais, encontrada por HILLEL (1970). Observa-

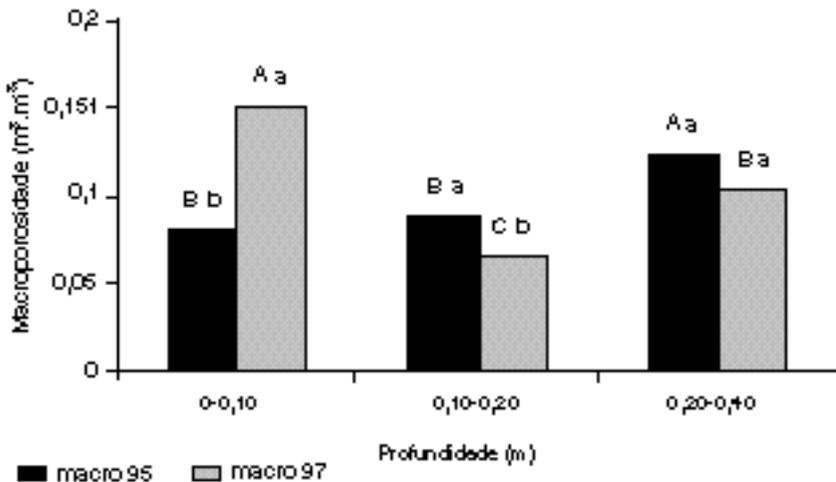


Figura 4. Macroporosidade do solo em pomar cítrico, em diferentes profundidades, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras maiúsculas diferentes, as profundidades diferem entre si, dentro de cada ano. Letras minúsculas diferentes, as os anos diferem entre si dentro de cada profundidade, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = 35,10; DMS (ano dentro de profundidade) = 2,05, DMS (profundidade dentro de ano) = 2,46.

se que apenas os tratamentos com lablab, mamona e mistura de espécies apresentaram valores de porosidade total do solo superiores significativamente, quando da segunda avaliação.

Com relação a porosidade total em função das profundidades estudadas, os valo-

res médios encontram-se apresentados na figura 6. Nota-se que a porosidade total não apresentou valores diferentes, significativamente, no ano de 1995. Já para o ano de 1997, houve diferença entre estas, onde a camada de 0-0,10 m apresentou o maior valor para porosidade total, sendo esta

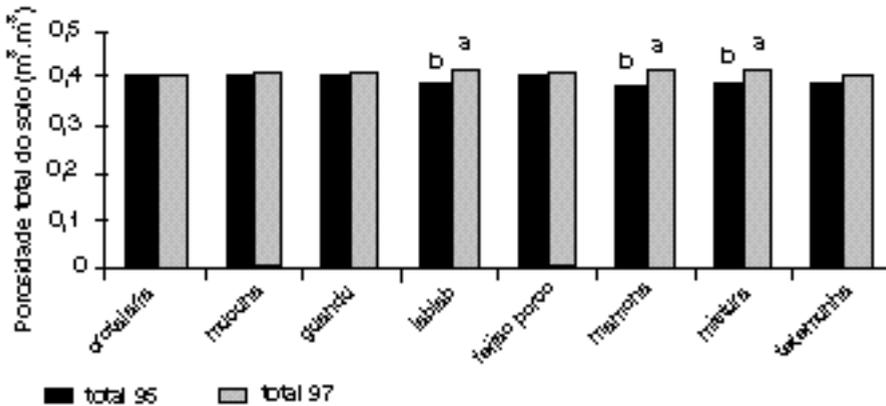


Figura 5. Porosidade total do solo em pomar cítrico, para os diferentes tratamentos, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras diferentes, em cada tratamento, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

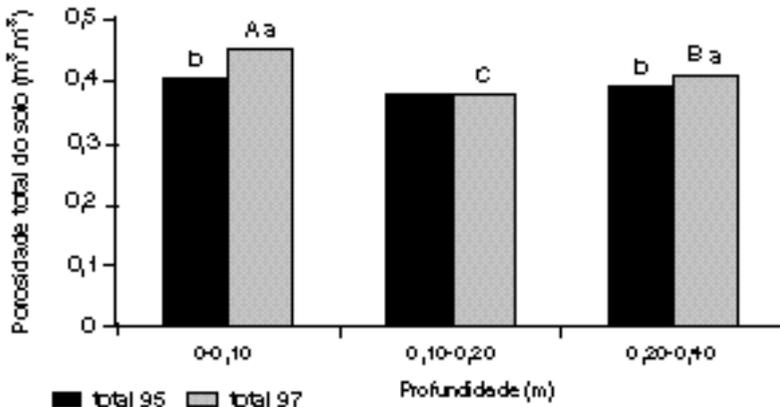


Figura 6. Porosidade total do solo em pomar cítrico, em diferentes profundidades, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras maiúsculas diferentes, as profundidades diferem entre si, dentro de cada ano. Letras minúsculas diferentes, as os anos diferem entre si dentro de cada profundidade, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = 6,59; DMS (ano dentro de profundidade) = 1,52, DMS (profundidade dentro de ano) = 1,82.

superior as demais. Com relação ao efeito de anos dentro de cada profundidade, observa-se que houve diferenças entre os anos para as camadas de 0-0,10 m e 0,20-0,40 m, onde os maiores valores para porosidade total para estas duas camadas foram observados no ano de 1997.

O solo da área do experimento apresenta porosidade total média de $0,41 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ estando abaixo do índice citado por KIEHL (1979), porém semelhante ao citado por BAVER (1972) e considerado como satisfatório para que haja desenvolvimento radicular. Apesar de todas as características avaliadas indicarem a existência de camada compactada na profundidade de 0,10-0,20 m, essa compactação apresenta-se no limite para que possa haver um desenvolvimento satisfatório das raízes, fato este que justifica a continuidade do experimento, visando a melhoria das características físicas do solo.

Analisando a retenção de água do solo,

na capacidade de campo (figura 7), verificou-se que não houve diferença entre os tratamentos. No entanto dentro dos tratamentos mamona e mistura de espécies ocorreram diferenças entre os anos de avaliação, sendo que nestes dois tratamentos houve maior retenção de água no ano de 1997, mostrando assim aumento nesta característica ao longo do período avaliado. Com relação à capacidade de retenção de água do solo, nas profundidades estudadas, pode-se observar que no ano de 1995 ocorreu maior retenção na profundidade de 0-0,10 m, sendo essa significativamente maior em relação à outras profundidades. No ano de 1997 já não se observou diferenças significativas entre as profundidades. Dentro de cada profundidade ocorreram diferenças significativas entre os anos em 0-0,10 e em 0,20-0,40 m, sendo que em 0-0,10 m a maior retenção foi no ano de 1995 e em 0,20-0,40 m no ano de 1997.

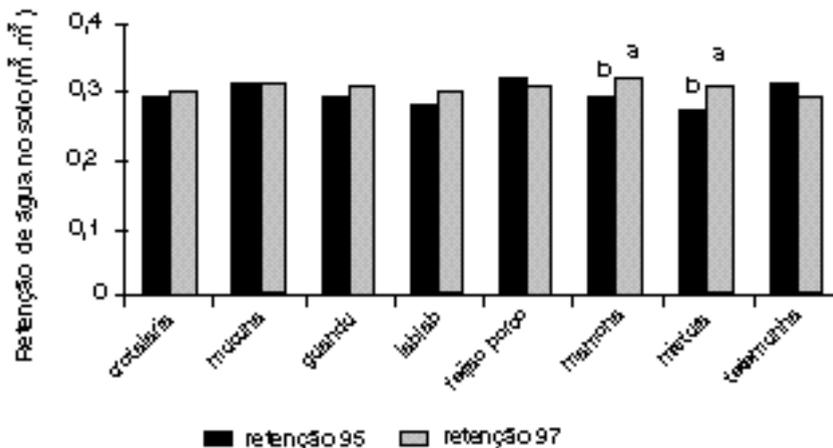


Figura 7. Retenção de água no solo a 0,06 bar, em pomar cítrico, para os diferentes tratamentos, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras diferentes, em cada tratamento, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O maior valor para retenção de água no solo, na profundidade de 0-0,10 m, pode estar relacionado às melhorias na estrutura proporcionada pelos tratamentos. Na profundidade de 0,10-0,20 m não se nota marcantes alterações na porosidade do solo, o que não proporcionaria grandes alterações na retenção de água. FARIAS *et al.* (1985) comentam que quando não ocorrem alterações marcantes na porosidade, é lícito supor que também não ocorrerá alterações semelhantes na retenção de água.

A macroporosidade menor na camada de solo de 0,10-0,20 m mostrou que há uma maior relação entre massa/volume do solo, demonstrando a degradação das condições físicas. Este comportamento refletiu na menor retenção de água na mesma profundidade do solo.

Analisando-se todas as características determinadas em conjunto, nota-se que na

profundidade de 0-0,10 m ocorreram melhorias dessas, ao longo dos três anos, já para as outras profundidades ainda não se observou essa melhoria para todas as características, porém verifica-se a diminuição da densidade do solo e aumento da porosidade total, indicando assim efeito benéfico dos tratamentos sobre estas características do solo.

Apesar de não ter havido diferença significativa para as características avaliadas com relação aos adubos verdes e testemunha utilizados no presente experimento, as espécies feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L DC), mamona (*Ricinus communis* L) e labe-labe (*Lab-lab purpureum* L.) têm se mostrado mais promissoras na recuperação da melhor distribuição de tamanho de poros e retenção de água no solo.

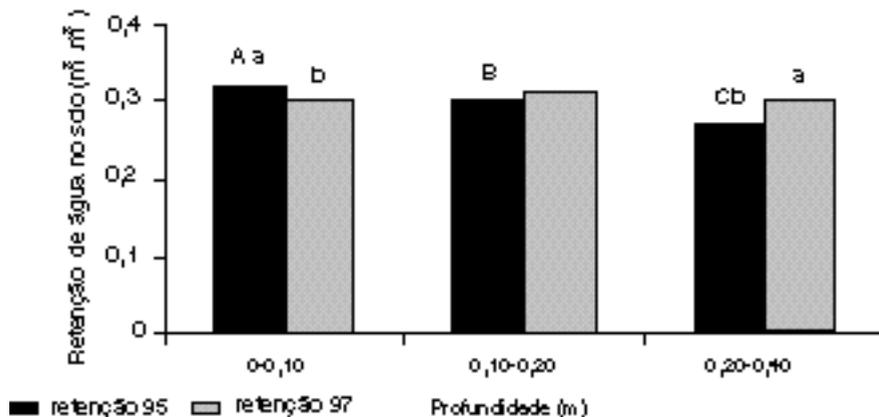


Figura 8. Retenção de água no solo a 0,06 bar, em pomar cítrico, em diferentes profundidades, no início (1995) e após 3 anos de experimentação (1997). Letras maiúsculas diferentes, as profundidades diferem entre si, dentro de cada ano. Letras minúsculas diferentes, as os anos diferem entre si dentro de cada profundidade, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV (%) = 9,92; DMS (ano dentro de profundidade) = 1,71, DMS (profundidade dentro de ano) = 2,05.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente experimento, pode-se concluir que:

- a porosidade total, densidade do solo e retenção de água foram alteradas com o uso dos adubos verdes, sendo estas alterações benéficas para o desenvolvimento das plantas de *Citrus*,

- as diferenças entre as alterações, causadas pelas espécies de adubos verdes, não foram significativas, necessitando, portan-

to, de um período maior de estudo para verificar a variação espacial e temporal dos tratamentos investigados;

- apesar do comportamento dos adubos verdes ter sido semelhante quanto as modificações na porosidade do solo, densidade do solo e retenção de água, observou-se que as espécies feijão de porco, mamona e labe-labe, demonstraram-se mais promissoras na recuperação das características físicas estudadas.

BIBLIOGRAFIA

- ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; & FONTINELLI, F. (1995). Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *R. bras. Ci. Solo*, **19**: 115-119.
- ALVES, M. C. (1992). *Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo roxo: Efeito nas propriedades físicas e químicas*. Piracicaba. 173 pp. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BAVER, L. D. GARDNER, W. H. & GARDNER, W. R. (1972). *Soil physics* 4th ed. New York: John Wiley C. Sons, Inc., 529 pp.
- CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. LM. & BUZETTI, S. (1999). Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, **23**: 997-1003.
- CENTURION, J. F. & DEMATTÊ, J. L. I. (1985). Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *R. bras. Ci. Solo*, **9** (3): 263-266.
- CENTURION, J. F. (1987). Efeitos de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. *Científica*, **15** (1/2): 1-8.
- DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A. & PASA, L. (1997). Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. *R. bras. Ci. Solo*, **21** (2): 241-247.
- FARIAS, G. S.; CASSOL, E. A. & MIELNICZUK, J. (1985). Efeitos de sistemas de cultivo sobre a porosidade e retenção de água em um solo laterítico bruno-avermelhado distrófico (paleudult). *Pesq. agropec. bras.* **20** (12): 1389-1393.
- GALLO, J. R.; RODRIGUES, O. (1960). Efeitos de algumas práticas de cultivo do solo na nutrição mineral de citrus. *Bragantia*, **19**: 345-60.
- HAKOYAMA, S.; YOSHIDA, K.; NAKAGAWA, J.; MORAES, M. H.; IWAMA, H.; IGUITA, K. & NAKAGAWA, J. (1995). Efeitos da semeadura direta e do preparo convencional em algumas propriedades físicas do solo. *Científica*, São Paulo, **23** (1): 17-30.
- HILLEL, D. (1970). *Solo e água; fenômeno e princípios físicos*. Porto Alegre, UFRGS, 231pp.
- KIEHL, E. J. (1979). *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Agronômica Ceres, 262 pp.
- LEANER, R. W.; SHAW, B. (1941). A simple apparatus for measuring noncapillary porosity on extensive scale. *Journal America Society Agronomy*. Washington, **33**: 1003-8.
- MAGNANINI, A. (1966). Recuperação e conservação dos solos tropicais. In: *Congresso Pan Americano de Conservação do Solo, II. Anais*. p.: 363.
- SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. & CAMARGO, D. A. (1986). Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, **10** (2): 91-95.
- SKERMAN, P. J. (1971). *Tropical forage legumes*. Roma: FAO, cap. 1, pp.: 1-9.
- VOMOCIL, J. A. (1965). Porosity In:BLACK, C. A. Methods of soil analysis. Madison: *American Society of Agronomy*, pt.1, pp.: 299-314.