

## QUALIDADE FÍSICA DE UM LATOSSOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CAFEIROS ORGÂNICOS<sup>1</sup>

Cezar Francisco Araujo-Junior<sup>2</sup>; Isadora Guizilini<sup>3</sup>; Patrícia Helena Santoro<sup>2</sup>; Carlos Alberto Hamanaka<sup>4</sup>; Auro Sebastião da Silva<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café - e pelo Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Parte do relatório apresentado ao CBP&D e ao Programa de Iniciação Científica do IAPAR – ProICI / PIBI / CNPq do segundo autor.

<sup>2</sup> Pesquisador(a) Científico(a) do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, Londrina, Paraná, e-mail: cezar\_araujo@iapar.br; patriciasantoro@iapar.br

<sup>3</sup> Estudante de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Londrina

<sup>4</sup> Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, e-mail: hamanaka@iapar.br

<sup>5</sup> Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, e-mail: ausesil@yahoo.com.br

**RESUMO:** Os sistemas agroflorestais desempenham um papel fundamental em mitigar os efeitos antropogênicos nocivos do uso e manejo do solo. Assim, esses sistemas podem ser fundamentais para biodiversidade e proteção dos recursos naturais, além de contribuir para superar eventos climáticos extremos, tanto no verão como no inverno. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo avaliar as propriedades físico-hídricas de um Latossolo submetido a sistemas integrados agroflorestal de espécies arbóreas com cafeeiros. O estudo foi conduzido em uma área localizada na Estação Experimental do IAPAR, em Londrina –PR, sobre um Latossolo Vermelho Distroférico - LVdf, muito argiloso com 78 dag kg<sup>-1</sup> de argila e densidade de partículas 2,86 kg dm<sup>-3</sup> na camada de 0 — 40 cm. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcela subdividida. Nas parcelas, uma espécie arbórea, com cafeeiros da cultivar IPR 98. Nas sub-parcelas as profundidades de amostragem do solo. Os tratamentos avaliados foram: T1- Controle (cafeeiro ao pleno sol); T2- Moringa (*Moringa oleifera*); T3- Capixingui (*Croton floribundus* Spreng.); T4- Trema (*Trema micranta* (L.) Blume); T5- Gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.]; T6- Manduirana (*Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby); T7- Jangada (*Heliocarpus popayanensis*); T8 – Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). Amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas em cilindros metálicos com dimensões de 5 cm por 5 cm no centro das entrelinhas dos cafeeiros a 1,25 m do caule dos cafeeiros e na diagonal entre duas árvores nas profundidades de 2 — 7 cm, 12 — 17 cm, 22 — 27 cm e 32 — 37 cm. Em laboratório, estas amostras foram saturadas com água e submetidas a diferentes potenciais matricial  $\Psi_m$ , - 20 hPa, - 40 hPa, - 60 hPa, e - 100 hPa, em mesa de sucção e - 330 hPa, - 1.000 hPa, - 5.000 hPa e - 15.000 hPa em extatores de placa porosa. As curvas de retenção de água pelo solo foram ajustadas ao modelo de Mualem-Genuchten por meio do software SWRC. As propriedades da curva de retenção de água pelo solo, umidade volumétrica no ponto de inflexão –  $\theta_{infl}$ , potencial matricial no ponto de inflexão  $\Psi_{m_{infl}}$  e inclinação da curva de retenção de água no ponto de inflexão “S” foram determinadas para avaliar a qualidade física do solo. Os resultados das análises físicas foram submetidos à análise de variância por meio do programa computacional SISVAR versão 5.0. O comportamento das curvas de retenção de água pelo solo e a qualidade física do Latossolo são influenciados pelos sistemas agroflorestais adotados e pelas profundidades de amostragem. O sistema agroflorestal e o manejo tanto da linha quanto da entrelinha para o cultivo de café orgânico contribuem para manter a qualidade física do solo na profundidade de 2 a 7 cm.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade do solo, curva de retenção de água pelo solo, índice S.

## PHYSICAL QUALITY OF A LATOSOL IN AGROFORESTRY SYSTEM TO ORGANIC COFFEE PRODUCTION

**ABSTRACT:** Agroforestry systems play a key role in mitigating the harmful anthropogenic effects of the use and soil management. Thus, these systems can be critical to biodiversity and protection of natural resources and contribute to overcoming extreme weather events, both in summer and in winter. The aim of this study was to evaluate the physical and hydraulic properties of an Dystropheric Red Latosol subjected to integrated agroforestry systems of tree species with coffee. The study was carried out at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR, Londrina, region north of the State of Paraná in a agroforestry system with coffee cultivar IPR 98. The soil of the study area is classified as Dystropheric Red Latosol very clayey (Typical Haplorthox) smooth-rolling relief with 3% slope. A randomized complete block design was adopted in a split-split-plot scheme. The evaluation was conducted in an agroforestry system with the following tree plants: T1- Control (coffee plants without tree); T2- Moringa (*Moringa oleifera*); T3- Capixingui (*Croton floribundus* Spreng.); T4- Trema (*Trema micranta* (L.) Blume); T5- Gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.]; T6- Manduirana (*Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby); T7- Jangada (*Heliocarpus popayanensis*); T8 – Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In center between coffee rows at 1.25 m from coffee stem, undisturbed soil samples were collected with the aid of a mechanical extractor and metal

cylinders with dimensions of 5 cm x 5 cm and diagonally between two trees in the depths 2 – 7 cm, 12 – 17 cm, 22 – 27 cm and 32 – 37 cm. In the laboratory, the samples were saturated with water and subjected to different matric potentials  $\Psi_m$  - 20 hPa - 40 hPa, - 60 hPa and - 100 hPa in the suction table and - 330 hPa - 1.000 hPa - 5000 hPa and - 15,000 hPa in porous plate extractors. The soil water retention curves were fitted to the model Mualem-Genuchten model through SWRC software. The properties of the soil water retention curve, soil moisture at the inflection point -  $\theta_{infl}$ , matric potential in  $\Psi_{minfl}$  inflection point and slope of the water retention curve at the inflection point "S" were determined to evaluate soil physical quality. The results of the physical analysis were subjected to analysis of variance using the computer program SISVAR version 5.0. The behavior of soil water retention curves and the physical quality of the Dystropheric Red Latosol very clayey are influenced by the adopted agroforestry systems and the sampling depths. Agroforestry systems and the management of both line and between rows for organic coffee cultivation contributes to maintain the physical soil quality in depth 2-7 cm.

**KEYWORDS:** soil quality; soil water retention curve; S index

## INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais desempenham um papel fundamental em mitigar os efeitos antropogênicos nocivos do uso e manejo do solo. Sistemas integrados de cultivo visam beneficiar a cultura de interesse econômico pelo consórcio com espécies arbóreas, a qual pode contribuir para agregar valor econômico ou não. O cultivo de cafeeiros em sistemas agroflorestais é bastante difundido em países da América Central e África (Caramori et al., 2003). No Estado do Paraná, o sistema agroflorestal cafeeiros adensados-arbóreas tem sido difundido para minimizar os danos causados aos cafeeiros por eventos extremos como o calor excessivo no verão e ocorrências de geadas no inverno.

A agricultura orgânica é definida como sendo um sistema de produção e manejo que promove e aumenta biodiversidade, ciclos biológicos e atividade biológica do solo, baseado no mínimo uso de insumos sintéticos e em atividades que restauram, mantêm e aumentem o equilíbrio ecológico (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA, 1995). O consórcio de espécies arbóreas nas linhas de cultivo dos cafeeiros e plantas de cobertura nas entrelinhas de café contribuem para a qualidade físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Distroférico típico muito argiloso. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo avaliar as propriedades físico-hídricas de um Latossolo submetido a sistemas integrado agroflorestal de espécies arbóreas com cafeeiros.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área localizada na Estação Experimental do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR em Londrina, Estado do Paraná, Latitude 23°21'30" S e Longitude 51°10'17" W e a uma altitude de 573 m com declividade de 3 %. O clima da região é classificado como Cfa - subtropical úmido, pela classificação de Köppen (Trewartha e Horn, 1980). O solo da área de estudo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico – LVdf, muito argiloso conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013). Em 05 de abril de 2012, o experimento foi instalado por meio do plantio de cafeeiros do cultivar IPR 98, no espaçamento de 2,5 x 0,6 m. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada espécie arbórea mantendo-se, um tratamento controle, com cafeeiros mantidos a pleno sol. As espécies testadas apresentam múltiplas funções, mas primariamente, capacidade de produção de massa verde. As espécies arbóreas foram implantadas em todas as linhas, com uma planta intercalada por cada onze plantas de café, ou seja, mantendo um espaçamento de, no mínimo, 2,5 x 2,5m entre si. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de café + arbórea, com 20 m de comprimento. Duas linhas de café foram mantidas entre os blocos como bordadura.

Os seguintes tratamentos foram avaliados: T1: cafeeiro a pleno sol sem espécie arbórea (CONTROLE); T2- Moringa (*Moringa oleifera*); T3- Capixingui (*Croton floribundus* Spreng.); T4- Trema (*Trema micranta* (L.) Blume); T5- Gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.]; T6- Manduirana (*Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby); T7- Jangada (*Heliocarpus popayanensis*); T8 – Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). As espécies arbóreas foram plantadas entre 11 a 15 de maio de 2012, com 20 plantas de cada espécie arbórea por parcela, em espaçamento 2,5 m x 6,0 m distribuídos na linha do café e na forma de quincôncio. O manejo de plantas invasoras foi realizado desde a implantação com capina manual na linha da cultura associado ao uso de herbicida de pré-emergência (Oxyflorfen), sendo que, nas entrelinhas o manejo é realizado com métodos mecânicos alternando-se roçadora e triturador rotativo. Para avaliar os possíveis efeitos dos sistemas agroflorestais na estrutura do solo, em janeiro de 2014, amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas no centro das entrelinhas dos cafeeiros a 1,25 m do caule dos cafeeiros e na diagonal entre duas árvores nas profundidades 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm e 30 – 40 cm, totalizando 96 amostras [8 tratamentos x 4 profundidades x 3 repetições] com o auxílio de um extrator mecânico desenvolvido por Araujo (2007) da Área de Engenharia Agrícola - AEA do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR com anéis volumétricos de inox de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura. Após a coleta, os anéis volumétricos contendo as amostras indeformadas foram tampados em ambas as extremidades com tampas de polietileno para preservação da estrutura e da umidade no momento de coleta. Em seguida, estas amostras foram acondicionadas em maletas de alumínio almofadadas Eijkelkamp-Giesbeek® específicas para este fim, até o laboratório para determinar a massa de solo úmido. Além da

massa de solo úmido, as amostras indeformadas foram submetidas às análises de caracterização da fase sólida do solo conforme os Métodos de Análises Físicas do Solo descritos por Dane e Topp (2002). Inicialmente, as amostras foram saturadas com água em uma bandeja durante 48 horas. Depois de saturadas, as amostras indeformadas foram submetidas aos seguintes potenciais matriciais ( $-\psi_m$ ): 20, 40, 60 e 100 hPa (Romano et al., 2002) em mesa de sucção Eijkelkamp-Giesbeek<sup>®</sup> e - 330, 1.000, 5.000 e 15.000 hPa em extratores de placa porosa de cerâmica dentro de câmaras de pressão (Dane e Hopmans, 2002) (Soil Moisture<sup>®</sup> Equipment Corporation, Santa Barbara, CA). Após atingir o equilíbrio em cada potencial matricial, a massa de solo úmido foi determinada. Após o menor potencial - 15.000 hPa as amostras de solo foram conduzidas para a estufa a 105–110°C durante 48 horas para a obtenção da massa de solo seco e cálculo da densidade do solo e em seguida para a determinação da umidade volumétrica (Topp e Ferré, 2002). Os resultados das análises físicas do solo foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011). As curvas de retenção de água no solo foram obtidas pelo ajuste de cada valor de potencial matricial ( $-\Psi_m$  em hPa) aos valores de umidade volumétrica ( $\theta$ , em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ). Os resultados das curvas de retenção de água pelo solo foram ajustados ao modelo Mualen-Genuchten (van Genuchten, 1980) por meio do software *Soil Water Retention Curve - SWRC* (Dourado-Neto et al., 2001). O coeficiente angular no ponto de inflexão da curva de retenção de água pelo solo, índice de qualidade física do solo (“S”) foi calculado conforme Dexter (2004). O ajuste das curvas de retenção de água pelo solo e as regressões entre as propriedades físicas foram obtidas por meio do software SigmaPlot 13.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de retenção de água pelo LVdf sob sistema agroflorestal cafeeiros-espécies arbóreas em quatro profundidades estão apresentadas na Figura 1. O modelo proposto por Genuchten (1980) com a restrição de Mualen (1976) ajustou-se adequadamente aos valores de umidade volumétrica observados, do LVdf sob sistema agroflorestal nas diferentes profundidades em diferentes potenciais matriciais. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da equação variaram entre 0,76 a 0,98, todos significativos a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Os valores da umidade residual -  $\theta_{res}$  variaram entre 0,264  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  (Tratamento cafeeiros a pleno sol na profundidade 2 a 7 cm) a 0,415  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  (Tratamento cafeeiros-glicídeia na profundidade 32 a 37 cm). Além disso, ressalta-se que estes valores aumentaram com a profundidade sob todos os tratamentos, o que indica que o aumento na densidade do solo pode ser mais importante do que, o conteúdo de carbono orgânico do solo para a retenção de água deste solo. Maiores valores de  $\theta_{res}$  implicam em maior retenção de água em elevadas sucções, bem como, maior proporção de poros com diâmetro equivalente menor que 0,2  $\mu\text{m}$ .

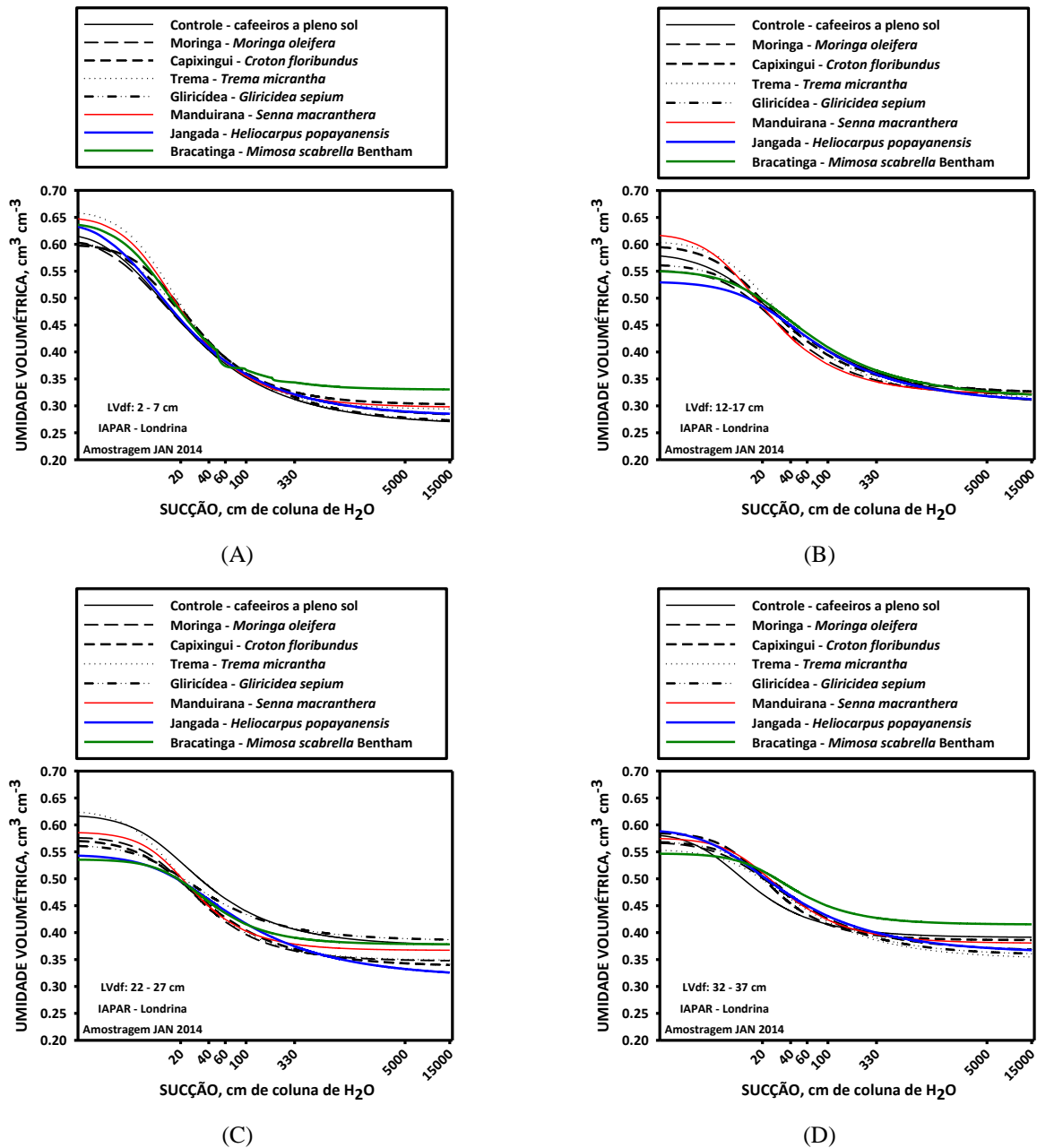


Figura 1. Curva de retenção de água para um Latosolo Vermelho Distroférico, muito argiloso, em quatro profundidades sob sistema agroflorestal, cafeeiros e espécies arbóreas. (A) profundidade 2 a 7 cm; (B) profundidade 12 a 17 cm; (C) profundidade 22 a 27 cm; (D) profundidade 32 a 37 cm.

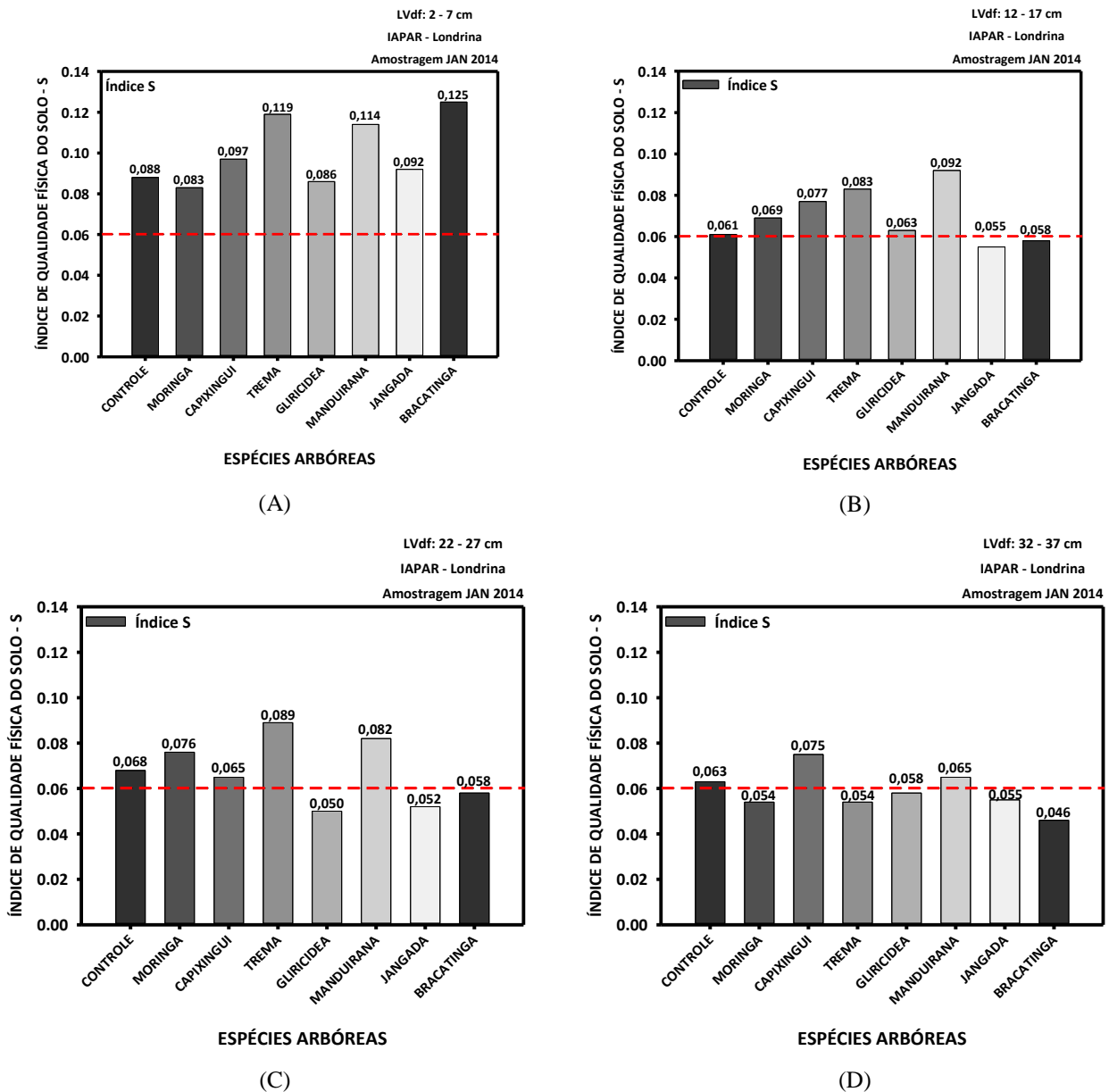


Figura 2. Índice de qualidade física do solo calculado a partir da inclinação da curva de retenção de água no ponto de inflexão – índice “S” para um Latossolo Vermelho Distroférrico, muito argiloso, em quatro profundidades sob sistema agroflorestal, cafeeiros e espécies arbóreas. (A) profundidade 2 a 7 cm; (B) profundidade 12 a 17 cm; (C) profundidade 22 a 27 cm; (D) profundidade 32 a 37 cm. A linha pontilhada na horizontal estabelece o limite crítico para o índice S.

Além da cobertura vegetal proporcionada pelas espécies arbóreas e pelo sistema adensado de cultivo dos cafeeiros, as plantas daninhas que ocorrem nas entrelinhas bem como, as plantas de cobertura utilizadas no inverno no manejo dessa lavoura cafeeira podem ter contribuído para a manutenção da qualidade física do solo (Figura 1 A). Por outro lado, a qualidade física do solo é inferior nas demais profundidades provavelmente em virtude da menor ação do sistema radicular dessas plantas nas profundidades de 12 – 17 cm, 22 – 27 cm e 32 – 37 cm e ausência de intervenção mecânica após as operações de plantio e condução inicial da lavoura cafeeira proporcionaram perda na qualidade física do solo com a profundidade. Além disso, outro fator que pode contribuir para os resultados observados é a redução no conteúdo de carbono orgânico do solo (dados não apresentados) com a profundidade pode reduzir a qualidade física do solo, uma vez que, o carbono é o indicador primário da qualidade do solo.

## CONCLUSÕES

O comportamento das curvas de retenção de água pelo solo e a qualidade física do Latossolo são influenciados pelos sistemas agroflorestais adotados e pelas profundidades de amostragem.

O sistema agroflorestal para o cultivo de café orgânico mantém a qualidade física do solo na profundidade de 2 a 7 cm.

## AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café, à Diretoria de Pesquisa e Liderança do Programa Café do IAPAR e ao Dr. Marcos Antonio Pavan por viabilizarem a realização do presente estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, A. G. de. Amostrador de solo. BR n. PI 07045492, 18 set. 2007.
- CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A. C. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. *Agroforestry System*, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 204 – 214.
- DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4, p. 680–683.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn, (GTZ) GmbH, 1991. 272 p. [Cooperação técnica IAPAR/GTZ].
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, Amsterdam, v.120, p.201-214, 2004.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMAN, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. Soil Water Retention Curve (SWRC). Version 3.0, Piracicaba, 2001. Software.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência & Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, Nov./Dec. 2011
- FLINT, A. L.; FLINT, L. E. The solid phase: particle density. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Eds.). *Methods of soil analysis: physical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4. p. 229 – 240.
- GEE, G. W.; OR, D. The solid phase: particle-size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Eds.). *Methods of soil analysis: physical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4. p. 255 – 289.
- GONTIJO, I.; DIAS JUNIOR, M. de S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de Cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2227 – 2234, dez. 2008.
- GROHMANN, F. & RAIJ, B. V. Dispersão mecânica e pré-tratamento para análise granulométrica de Latossolos argilosos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 1, n. 1, p. 52 – 53. 1977.
- GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. v. 4, p. 201–228.
- PAVAN, M. A. et al. High coffee population density to improve soil fertility of an Oxisol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 3, p. 459–465, mar. 1999.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- van GENUCHTEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 44, p. 892–898, 1980.
- VOMOCIL, J. A. Porosity. In: BLAKE, C. A. *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37:29-38, 1934.