



Agricultura sintrópica como ferramenta para conservação de água no solo *Syntropic agriculture as a tool for soil water conservation*

BARBOZA, Arthur Prado¹; VASCONCELOS, Bruno Nery Fernandes²; ROCHA, Genelício Crusoé³; FERNANDES-FILHO, Elpídio Inácio⁴

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Federal de Viçosa, arthur.barboza@ufv.br; ² Docente DPS/UFV, brunonery@ufv.br; ³ Docente DPS/UFV, genelicio.rocha@ufv.br; ⁴ Docente DPS/UFV, elpidio@ufv.br

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

Resumo: Os sistemas agroflorestais sintrópicos surgem como alternativa para otimização do espaço produtivo e da ciclagem de nutrientes a partir da combinação de espécies arbóreas com culturas de interesse. O trabalho objetivou avaliar as propriedades relacionadas à física do solo e à retenção de água no solo em três sistemas agroflorestais dotados de idade, complexidades de espécies e densidades de árvores distintas. Foram coletadas seis amostras indeformadas de solo da camada de 0-5 cm nas linhas de plantio. Avaliou-se: condutividade hidráulica saturada, capacidade de água disponível, porosidade total, macro e microporosidade, densidade do solo, densidade de partículas, a curva de retenção da água no solo e o índice S. Verificou-se maior capacidade de infiltração e menor densidade do solo no sistema mais antigo e adensado, associada à maior presença de bioporos. Sistemas sintrópicos são benéficos à física do solo, com melhora das propriedades ao longo do tempo.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais; condutividade hidráulica; curva de retenção de água no solo; porosidade; bioporos.

Introdução

Os sistemas agroflorestais (agroflorestas) surgem como alternativa que visa otimizar o espaço produtivo e a ciclagem de nutrientes a partir da combinação de espécies arbóreas com as culturas de principal interesse (Altieri, 2012), apresentando grande potencial para redução da perda de solo (Franco *et al.*, 2002). Mais especificamente, foi cunhado pelo suíço Ernst Götsch o termo “agricultura sintrópica” na qual os sistemas agroflorestais se apresentam com maior riqueza de espécies, maior adensamento de plantas, maior ocupação dos estratos e intensa ciclagem de material orgânico. Na agricultura sintrópica, as podas possuem a finalidade fundamental comunicar informação de crescimento às plantas e de aportar matéria orgânica ao solo, servindo de cobertura para controle da vegetação espontânea, retenção de água no solo e promoção de benefícios a médio e longo prazo como a ciclagem de nutrientes e a melhora da qualidade física do solo (Young, 1989; Jackson *et al.*, 1998; Rabello e Sakamoto, 2022).



A melhora dos atributos físicos do solo contribui diretamente para a melhor regulação do ciclo hidrológico no sítio produtivo a partir da maior infiltração e manutenção de água no solo (Loaiza Puerta *et al.*, 2018). Estudos em áreas de agrofloresta já mostram o impacto do manejo sintrópico na produção de água na propriedade (Oliveira e Kazay, 2015), na maior eficiência de uso da água no solo (Ong *et al.*, 2017; Muñoz-Villers *et al.*, 2020) e na proteção direta de nascentes (Miccolis *et al.*, 2016). O presente trabalho objetivou avaliar as propriedades relacionadas à física do solo e à retenção de água no solo em três sistemas agrofloretais com café na Zona da Mata Mineira dotados de idade, complexidades de espécies e densidades de árvores distintas, visando avaliar a influência destes fatores nas propriedades analisadas.

Metodologia

O trabalho foi conduzido no Sítio Jardim da Irmandade, localizado na fronteira sul do Parque Estadual Serra do Brigadeiro, município de Rosário da Limeira, na Zona da Mata Mineira. A altitude média é de 1000 metros. As áreas de agroflorestas tem sido implementadas na propriedade desde 2016, com foco principal na produção de café (*Coffea arabica*) e juçara (*Euterpe edulis*). A delimitação das áreas estudadas pode ser visualizada na Figura 1 mais adiante. A caracterização das áreas (Tabela 1) foi feita a partir da listagem de espécies presentes, da estimativa de densidade de plantio e da medição da área total.

Tabela 1 - Caracterização das áreas de estudo

Área	Ano de implantação	Área total (m²)	Densidade de plantio (árvores/ha)	Espécies encontradas
SAF_simples	2019	1000	100	Café, capoeira-branca
SAF_interm	2018	1800	194	Café, banana, capoeira-branca, tamboril, mogno africano, eucalipto, macadâmia, palmeira juçara, cambuci
SAF_denso	2016	2000	275	Café, banana, capoeira-branca, tamboril, ingá, abacate, palmeira juçara, cacau

Foram coletadas amostras indeformadas de solo da camada de 0-5 cm nas três áreas da propriedade. Em cada área foram coletadas seis amostras em posições aleatórias sobre as linhas de plantio. A coleta das amostras indeformadas foi feita com base na EMBRAPA (2017). Foram avaliadas as propriedades: condutividade hidráulica saturada (Ks), capacidade de água disponível (CAD), porosidade total (PT), macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP), densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp) (EMBRAPA, 2017) e elaborada a curva de retenção de água no solo com base no ajuste de van Genuchten (1980), a partir da qual foi calculado o índice S de qualidade física do solo (Dexter, 2004).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. Foi



utilizada a planilha eletrônica “*Tukey.xls*” disponibilizada pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

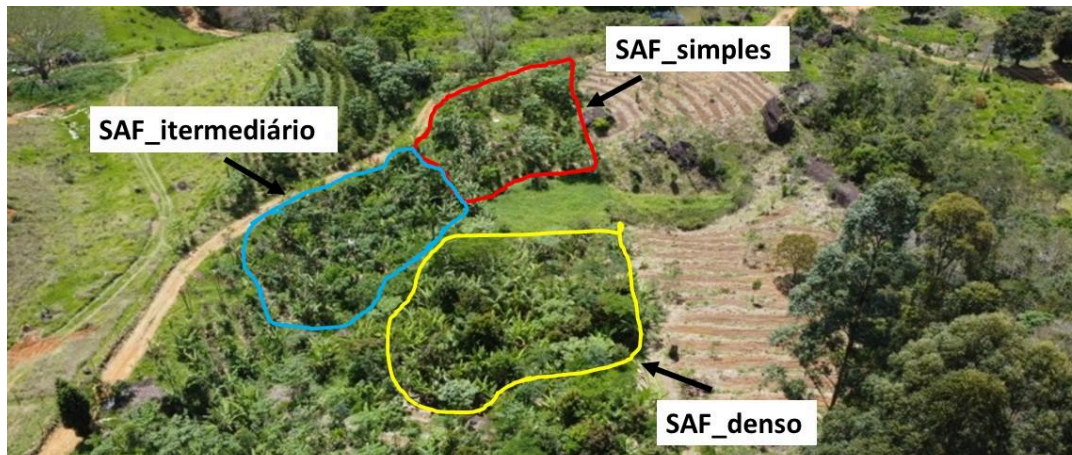


Figura 1 – Localização das áreas de estudo

Resultados e Discussão

Observou-se que a área mais antiga (*SAF_denso*) apresentou resultados superiores de K_s e inferiores de D_s quando comparados aos observados nas áreas mais jovens e menos adensadas (*SAF_interm* e *SAF_simples*). As demais propriedades estudadas apresentaram diferenças não significativas ao teste de Tukey a 5%, destacando-se as maiores diferenças de médias para PT e MaP. Os resultados da área *SAF_interm* estiveram, em sua maioria, intermediários entre os resultados obtidos para as áreas *SAF_denso* e *SAF_simples*, indicando uma gradação dos benefícios à física do solo em função da idade, diversidade e adensamento de espécies na área. A seguir, a Figura 2 apresenta as CRA ajustadas com base nos conjuntos de medições de cada área. A Tabela 2 mais adiante apresenta os resultados obtidos. Letras iguais indicam diferenças não significativas pelo teste de Tukey a 5%.

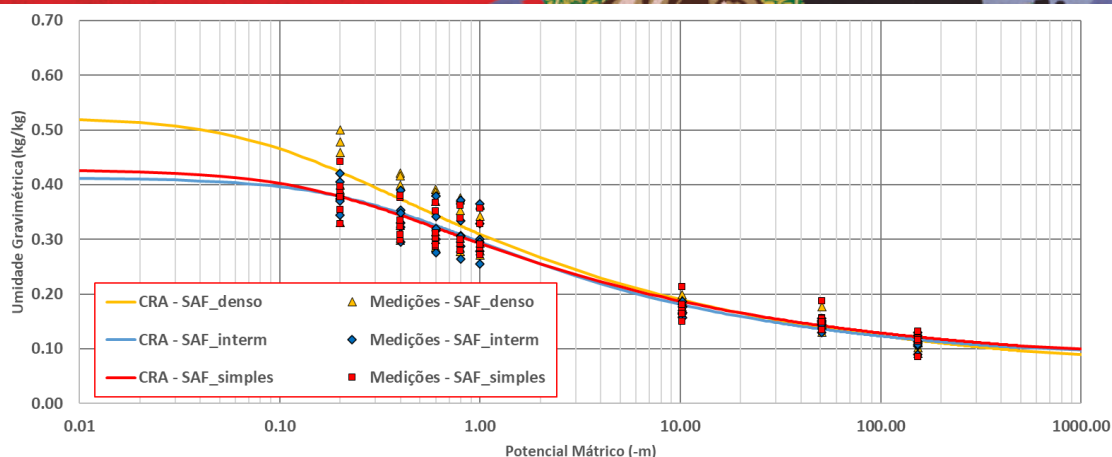


Figura 2 - Curvas de retenção de água no solo das áreas estudadas

Tabela 2 - Resultados avaliados ao teste de Tukey a 5%

Área	Ks (cm/min)	Ds (g/cm ³)	Dp (g/cm ³)	PT	MaP	MiP	CAD	S	θ_s (kg/kg)
SAF_simples	0,80 a	1,17 a	2,39 a	0,51 a	0,14 a	0,37 a	0,12 a	0,06 a	0,45 a
SAF_interm	2,14 ab	1,11 ab	2,38 a	0,53 a	0,18 a	0,36 a	0,13 a	0,07 a	0,50 a
SAF_denso	3,45 b	1,01 b	2,29 a	0,56 a	0,22 a	0,34 a	0,13 a	0,08 a	0,62 a

As diferenças nas curvas de retenção, caracterizadas principalmente pelo parâmetro θ_s , embora estatisticamente não significativas ao teste de Tukey a 5%, indicam que o solo do SAF_denso possui maior volume para saturação de água no solo, o que foi confirmado nos resultados de PT. Esta água fica retida no solo sob tensões muito fracas, inferiores à capacidade de campo, portanto não contribuindo diretamente para maior disponibilidade de água às culturas. Porém, este maior volume disponível para a água no solo na primeira camada (0-5 cm) representa uma maior capacidade de infiltração das primeiras gotas de chuva (Simfinek e van Genuchten, 1996), o que, associado aos resultados de Ks, reforçam a maior capacidade de infiltração desta primeira camada na área mais antiga e adensada. Os maiores resultados de Ks para a área SAF_denso vão ao encontro dos resultados de Stöcker *et al.* (2020), indicando que as agroflorestas promovem uma melhora progressiva das propriedades físicas do solo ao longo do tempo, e parecem indicar a maior presença de bioporos, uma vez que estes possuem capacidade de infiltração bem superior aos solos de menor macroporosidade (Smettem e Collis-George, 1985). Além de contribuir para maior infiltração de água nas camadas subsuperficiais do solo, os bioporos criam caminhos preferenciais para alongamento de raízes e aquisição de nutrientes pelas plantas (Kautz, 2014). Adicionalmente aos efeitos produzidos sob a superfície do solo, é típico dos sistemas sintrópicos a manutenção de uma camada robusta de serrapilheira, que possui potencial para redução da erosão superficial da ordem de 100 a 1.000 vezes (Ochiai e Nakaura, 2004). Nas áreas estudadas, a espessura da camada de serrapilheira foi visivelmente superior no SAF_denso com relação ao SAF_interm - e virtualmente ausente no SAF_simples - confirmando a tendência observada por Dunkerley (2003).



Os resultados de PT, MaP, MiP, Índice S, CAD e θ_s , embora estatisticamente semelhantes, podem ser associados a alta qualidade física do solo. Dexter (2004) sugere que valores de S superiores a 0,035 indicam uma muito boa estruturação do solo. Os benefícios à física do solo em agroflorestas devem ser entendidos em função não somente da idade e da composição do sistema, mas também pelo seu manejo. Moreira *et al.* (2017) encontraram infiltração em agrofloresta de açaí inferior à de uma pastagem degradada, associando esta diferença à mecanização na agrofloresta para a colheita do açaí.

Vislumbra-se o avanço do estudo para camadas mais profundas do solo, visando identificar até que profundidade o manejo sintrópico produz benefícios adicionais à física do solo. Wang *et al.* (2015) verificaram efeitos até a camada de 40 cm quando comparado a taxa de infiltração em agroflorestas contra cultivos convencionais.

Conclusões

Através de análises de solo da primeira camada (0-5 cm) em agroflorestas de idades e composições distintas foi possível avaliar o potencial benéfico à física do solo promovido pela agricultura sintrópica em uma propriedade na Zona da Mata Mineira. Sistemas agroflorestais mais complexos e adensados tendem a contribuir para a maior presença de bioporos e, conseqüentemente, para a maior capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo. Nestes sistemas, as propriedades físicas do solo tendem a melhorar com o tempo.

Agradecimentos

Agradecimentos são feitos à CAPES pela bolsa de mestrado do primeiro autor e ao Lab. de Física do Solo do DPS/UFV pela estrutura e apoio na realização das análises.

Referências bibliográficas

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. São Paulo, Expressão Popular, 2012.

DEXTER, A. R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, 120, p. 201-214, 2004.

DUNKERLEY, D. Organic Litter: Dominance over stones as a source of interrill flow roughness on low-gradient desert slopes at Fowlers Gap, Arid Western NSW, Australia. **Earth Surf. Process. Landforms** 28, 15–29, 2003.



EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição. Rio de Janeiro, RJ, 2017. 574 p.

FRANCO, F. S. *et al.* Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.751-760, 2002.

JACKSON, N. *et al.* Water Balance of Agroforestry Systems on Hillslopes - Phase II. Final Technical Report to the Forestry Research Programme, Department for International Development. 1998. 70 p.

KAUTZ, T. Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: A review. **Renewable Agriculture and Food Systems**. 30(4); 318–327, 2014.

LOAIZA PUERTA, V. *et al.* Improvement of soil structure through organic crop management, conservation tillage and grassclover ley. **Soil and Tillage Research**, 180:1-9, 2018.

MICCOLIS, A. *et al.* **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais** – Como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Guia Técnico. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016.

MOREIRA, W. K. O. *et al.* Velocidade de Infiltração Básica da Água no Solo em Diferentes Agroecossistemas Amazônicos. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.4, n.7; p.463-473, 2017.

MUÑOZ-VILLERS, L. E. *et al.* Coffee and shade trees show complementary use of soil water in a traditional agroforestry ecosystem. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 24, 1649–1668, 2020.

OCHIAI, H.; NAKAMURA, S. A função da Camada Serrapilheira no Controle da Erosão do Solo. In: Pesquisas em Conservação e Recuperação Ambiental no Oeste Paulista. Instituto Florestal, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, L. A.; KAZAY, D. F. Sistemas agroflorestais e a provisão de serviços hidrológicos em Barra do Turvo (SP). **Agriculturas**, v. 12, n. 3, 2015.

ONG, C. *et al.* Agroforestry: Hydrological Impacts. In: **Reference Module in Food Science**. Elsevier, 2017.

REBELLO, J. F. S.; SAKAMOTO, D. G. **Agricultura Sintrópica segundo Ernst Götsch**. Edições Aguará. 2ª ed, 2022. 175 p.



SIMFINEK, J.; van GENUCHTEN, M. T. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from tension disc infiltrometer data by numerical inversion. **Water Resources Research**, Vol. 32, No. 9, p. 2683-2696, 1996.

SMETTEM, K. R. J.; COLLIS-GEORGE, N. The influence of cylindrical macropores on steady-state infiltration in a soil under pasture. **Journal of Hydrology**, 79, 107—114, 1985.

STÖCKER, C. M. *et al.* Short-term soil physical quality improvements promoted by an agroforestry system. **Agroforest Syst.**, 94:2053–2064, 2020.

VAN GENUCHTEN, M.T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 44:892-898, 1980.

WANG, L. *et al.* Soil Infiltration Characteristics in Agroforestry Systems and Their Relationships with the Temporal Distribution of Rainfall on the Loess Plateau in China. **PLoS ONE** 10(4): e0124767. 2015.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. CAB International. ICRAF - International Council for Research in Agroforestry. ISBN 0 85198 648 X. 1989.