

Alterações nos atributos físicos do solo provocadas por diferentes manejos em um sistema agrossilvipastoril em Belterra-PA

Arystides Resende Silva⁽¹⁾; Agust Sales⁽²⁾; Carlos Alberto Costa Veloso⁽¹⁾; Eduardo Jorge Maklouf Carvalho⁽¹⁾

⁽¹⁾ Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental, Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Bairro Marco, Caixa Postal, 48, CEP 66095-100 Belém (PA). E-mail: arystides.silva@embrapa.br; carlos.veloso@embrapa.br; eduardo.maklouf@embrapa.br.

⁽²⁾ Graduando do curso de Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará, Rodovia PA-125, s/n, Bairro Angelim, CEP 68625-000, Paragominas (PA). E-mail: agustsales@hotmail.com.

RESUMO: A estrutura é umas propriedades mais importantes do solo sob o ponto de vista agrícola, tendo participação substancial nas relações solo-planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações dos atributos físicos do solo provocadas por diferentes manejos em um sistema agrossilvipastoril em Belterra-PA. Os tratamentos avaliados foram: sistema iLPF amostrado em dois locais, na área ocupada pelas culturas anuais consorciadas com forragem (iLP) e pelo componente florestal (Cumaru) e floresta secundária como testemunha (FS) em quatro profundidades de solo. Os atributos do solo avaliados foram densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (MAC) e microporosidade (MIC). O sistema iLPF (Cumaru e iLP) apresentou aumento de densidade e redução na porosidade total apenas na camada superficial quando comparado à floresta secundária. Houve diferença de MAC nas camadas 0-10 e 10-20 cm, tendo os maiores valores indicados pela FS. Na MIC, houve diferença somente na profundidade 0-10 cm, sendo o maior valor encontrado no sistema iLPF (Cumaru e iLP). Os atributos físicos do solo dos tratamentos em estudo apresentaram valores dentro da faixa considerada não restritiva ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Termos de indexação: densidade do solo, porosidade total, Cumaru.

INTRODUÇÃO

O uso de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta em função dos diversos benefícios que podem ser obtidos vem se tornando mais expressivas no Brasil (Balbino et al., 2011). Apesar de sua progressiva aceitação, existe dúvidas e questionamentos sobre possíveis impactos negativos associados à degradação do ambiente, principalmente à degradação física do solo em função do uso e manejos adotados, como o tráfego de máquinas e implementos, além do pisoteio animal (Moraes et al., 2012), que são uns dos responsáveis diretos pela compactação ou adensamento alterando significativamente a qualidade da estrutura do solo, cuja intensidade de

alteração varia também com as condições de clima e natureza do solo (Oliveira et al., 2013).

A qualidade física do solo está associada com a capacidade que o mesmo possui em possibilitar o desenvolvimento das plantas sem que ocorra a sua degradação (Llanillo et al., 2013). É possível evitar alguns problemas com o manejo racional do solo. Têm se utilizado muitos atributos físicos para quantificar as modificações geradas pelas diferentes atividades de manejo, tipo de cobertura vegetal, quantidade de resíduos na superfície e teor de matéria orgânica do solo, ou até mesmo, como indicadores de qualidade do solo, dentre eles, a densidade do solo e a porosidade total (Wendling et al., 2012) e estão diretamente ligados à produtividade de culturas (Bottega et al., 2011), os quais indicam as condições nas quais poderá ocorrer limitações ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal interferindo na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas (Lima et al., 2013).

Assim, a partir de todas essas informações, presume-se que estudos sobre as alterações nos atributos do solo de sistemas integrados são de fundamental importância para auxiliar futuras intervenções no manejo, garantindo a sustentabilidade destes sistemas. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações dos atributos físicos do solo provocadas por diferentes manejos em um sistema agrossilvipastoril em Belterra-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Nossa Senhora Aparecida no município de Belterra-PA, localizada na região oeste do estado do Pará, a uma altitude de 152 metros a 2°38'11" S de latitude e 54°56'13" W de longitude, segundo classificação de Koppen, o clima é classificado como Am, precipitação média em torno de 1743 mm, o solo é classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2013), demonstrou as seguintes características químicas e granulométricas: teor de matéria orgânica de 26,4 g.kg⁻¹; pH de 5,9; Al= 0,2 cmol_c.dm⁻³; Ca= 3,7 cmol_c.dm⁻³; Mg= 1,23 cmol_c.dm⁻³; K=0,47 cmol_c.dm⁻³

e $P = 5,34 \text{ mg.dm}^{-3}$; Areia = 57 g.kg^{-1} ; Silte = 234 g.kg^{-1} ; Argila = 709 g.kg^{-1} .

O experimento foi constituído por um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) instalado no ano de 2010 (5 ha), manejado com cultivo de culturas anuais (milho e soja) em consórcio com forrageiras e intercaladas com a espécie de Cumaru (*Dipteryx odorata*) e como testemunha uma floresta secundária circunvizinha a área experimental (15 ha).

Até o ano de 2010, antes da instalação do experimento a área utilizada vinha sendo mantida sob pastagem cultivada, com a exploração de gado de corte em sistema extensivo. Em janeiro de 2010, por razão da instalação do experimento, foram realizadas operações de preparo do solo, correção e adubação.

Para o arranjo espacial das árvores no sistema iLPF, empregou-se o plantio em renques, cada um com oito linhas, no espaçamento $7 \times 5 \text{ m}$, a distância entre renques foi de 166 m para o cultivo das culturas anuais e forragem, o que totalizou 23,7% de área ocupada pelas faixas dos renques e densidade de 74 árvores.ha⁻¹.

Em fevereiro de 2010, foi realizado o plantio do Cumaru (*Dipteryx odorata*) em consórcio com arroz (cultivar Best). Na segunda adubação da soja foi semeada em todo sistema a *Urochloa ruziziensis* (20 kg.ha⁻¹). No período de 2011 a 2013, realizou-se o plantio de milho (BRS 1040) (2011) e arroz (cultivar Best) (2012 e 2013), todos consorciados com forragem e intercalados com Cumaru.

Para fins deste estudo foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcela subdividida com três parcelas (sistemas de manejo do solo) e quatro subparcelas (camadas do solo). As parcelas foram compostas por um sistema iLPF amostrado em dois locais, um na área ocupada pelas culturas anuais consorciadas com forragem (iLP) e o outro local ocupado pelo componente florestal (Cumaru) e floresta secundária como testemunha (FS). As subparcelas foram compostas por quatro profundidades de amostragem: 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm.

Em maio de 2013, foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformadas, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm utilizando o método descrito por Blake & Hartge (1986) para análise das propriedades físicas do solo dos tratamentos em estudo.

A densidade do solo, porosidade total, macroporos e microporos foram determinados utilizando-se a metodologia proposta por EMBRAPA (2011).

Os resultados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR® e quando significativo às médias foram comparadas pelo teste de Tukey $p < 0,05$ (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo (D_s) diferiu entre as profundidades apenas no tratamento FS (floresta secundária), sendo apresentado um aumento de D_s em profundidade (Tabela 1). Resultados que corroboram com os obtidos por Rossetti & Centurion (2015), ao analisarem os atributos físicos de um Latossolo em uma cronosequência sob diferentes manejos, observaram aumento de D_s na medida em que aumentava a profundidade.

Em relação à D_s dos tratamentos entre cada profundidade, a FS diferiu do Cumaru e iLP somente na camada 0-10 cm, sendo o maior valor demonstrado no iLP (Tabela 1).

Os resultados de D_s pode ser explicado pelo fato de ter sido introduzido em todo sistema iLPF (Cumaru e iLP) a forragem *Urochloa ruziziensis* como planta de cobertura, com formação de matéria orgânica o que melhora a estrutura do solo, visto que proporciona a cimentação e a estabilização das partículas do solo, além de amenizar o impacto negativo do pisoteio animal e distribuindo de forma adequada o peso das máquinas e implementos agrícolas em profundidade reduzindo a pressão sobre as camadas subsuperficiais (Silva et al., 2013).

Estes resultados confirmam os obtidos por Loss et al. (2011), no trabalho em que avaliaram os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de uso, onde relataram valores de D_s dos sistemas integrados semelhantes ao da Mata testemunha.

Ao considerar apenas os valores de D_s , tais resultados indicam que o sistema iLPF (Cumaru e iLP) não afetaram este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico de 1,30 a 1,40 kg.m⁻³, pois segundo Silva et al. (2011), em estudo onde foi avaliado os atributos físicos do solo, em função do cultivo de diferentes espécies vegetais, quando for identificado D_s superior a 1,30 kg.m⁻³ pode ocorrer limitações no desenvolvimento radicular das plantas.

A variável porosidade total (PT) do solo apresentou diferença significativa entre as profundidades de cada tratamento com menores valores para FS na camada 0-10 cm e para o iLP nas camadas 20-30 e 30-50 em relação às demais profundidades.

Em geral, o sistema iLPF (Cumaru e iLP) apresentou redução na porosidade total na camada superficial 0-10 cm, quando comparado com a FS.

A manutenção da porosidade do solo no sistema iLPF (Cumaru e iLP) e a proximidade de valores de porosidade total com FS (Tabela 1) ocorreu, provavelmente, por não ter sido realizado revolvimento contínuo do solo (isso pode explicar a redução na porosidade total e aumento de D_s nas camadas superficiais, sendo esperado nos primeiros anos de implantação do sistema), bem como em razão do sistema radicular dos componentes

vegetais utilizados e de invertebrados edáficos, que podem ter contribuído para melhoria da sua estruturação física em profundidade (SANTOS et al., 2011).

Resultados semelhantes aos obtidos por Silva & Martins (2010), onde indicam que o aumento da quantidade de raízes proporciona maiores valores de PT, no estudo em que avaliaram sistema radicular e atributos físicos do solo do cafeeiro sob diferentes espaçamentos.

É importante ressaltar o efeito dos resíduos vegetais na estrutura do solo em virtude da maior formação e estabilidade de agregados em razão à intensa atividade biológica refletindo uma maior aeração e infiltração de água no sistema facilitando assim o crescimento e desenvolvimento radicular das culturas (Cunha et al., 2011).

Na macroporosidade (MAC) do solo apresentou diferença significativa entre as profundidades de cada tratamento com menores valores para FS na camada 0-10 cm e para o iLP nas camadas 20-30 e 30-50 em relação às demais profundidades

A macroporosidade (MAC) apresentou distinção entre as profundidades com menores valores para FS na camada 0-10 cm e para o iLP nas camadas 20-30 e 30-50 em relação às demais profundidades

De acordo com Vezzani & Mielniczuk (2011), maiores valores de MAC nas profundidades superficiais refletem influência da matéria orgânica na estruturação de solos.

Em relação aos tratamentos em cada profundidade, apresentaram diferenças de MAC nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, sendo o maior valor apresentado pela FS (Tabela 1).

Segundo Taylor & Ashcroft (1972), valores de MAC superiores a $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ são necessários para possibilitar as trocas gasosas e o crescimento das raízes, sendo assim, para esse atributo tais valores sugerem que os diferentes manejos do solo em estudo expressam condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas (Tabela 1).

Com relação à microporosidade (MIC), apresentaram diferença entre as profundidades apenas a FS, diferentemente das variáveis anteriores, indicou menor valor de MIC na camada 0-10 cm. Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferença significativa em relação aos tratamentos apenas na profundidade de 0-10 cm, sendo apresentados os maiores valores de MIC no Cumaru e iLP (Tabela 1).

Estes resultados de MIC corroboram com os obtidos por Santos et al. (2011), onde encontraram maiores valores de microporosidade quando comparado com macroporosidade, em área de cerrado nativo e em áreas sob sistemas integrados.

Ressalta-se o efeito benéfico da utilização de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta na recuperação de áreas degradadas, visto que indicaram resultados satisfatórios nos atributos físicos do solo, que propiciam condições mais

favoráveis para o estímulo da atividade dos microrganismos e eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas.

CONCLUSÕES

A densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade de todos os tratamentos estudados apresentaram valores dentro da faixa considerada não restritiva ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

O manejo dos componentes vegetais do sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta utilizando o Cumaru como espécie florestal após três anos de implantação não provocou danos na estrutura do solo quando comparado às condições da floresta secundária.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o Projeto iLPF, Projeto PECUS, ao Banco da Amazônia (BASA) e rede de fomento iLPF pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFIRIO-DASILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.46, n.10, p.i-xii, out. 2011.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis. 2. ed. Madison: ASA, 1986.

BOTTEGA, E.L.; BOTTEGA, S.P.; SILVA, S.A.; QUEIROZ, D.M.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.2, p.331-336, 2011.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.589- 602, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de métodos de análises do solo. Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 3º ed. 230 p. 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez., 2011.

LLANILLO, R. F.; GUIMARÃES, M. F.; FILHO, J. T. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.17, n.5, p.524–530, 2013.

LIMA, R. P.; LEÓN, M. J. D.; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. *Revista Ceres*, v. 60, n. 04, p. 577-581, jul./ago. 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; GIACOMO, S.G.; PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

MORAIS, T.P.S.; PISSARRA, T.C.T.; REIS, F.C. Atributos físicos e matéria orgânica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em microbacia hidrográfica sob vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.8, n.15, p.214-223, 2012.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; ROSSETI, K. V. FERRAUDO, A. S.; FRANCO, H. B. J.; PEREIRA, F. S.; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 3, p. 604-612, maio/jun. 2013.

ROSSETTI, K.V.; CENTURION J.F. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.3, p.252–258, 2015.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M. BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. *Revista Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.46, n.10, p.1339-1348. 2011.

SILVA, D.A.; SOUZA, L.C.F.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto. *Bragantia*, v.70, n.1. 2011.

SILVA, P.C.; COSTA, R.A.; BARBOSA, K.F.; MARTINS, Y.A.M.; PEREIRA, C.B.J. Propriedades físicas indicadoras da qualidade do solo sob diferentes culturas e sistemas de manejo no sudoeste goiano. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v.9, n.17, p.2201. 2013.

SILVA, V. L. B.; MARTINS, P. F. S. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cafeeiro, variedade conilon, sob diferentes espaçamentos. *Revista ciências Agrárias*, v.53, n.1, p.96-101, jan/jun. 2010.

TAYLOR, S.A.; ASHCROFT, G.L. *Physical edaphology: the physics of irrigated on nonirrigated soils*. San Francisco: W.H. Freeman, 532p. 1972.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *R Bras Ci Solo*, v.35, p.213-223, 2011. doi: 10.1590/S0100-06832011000100020.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012.

Tabela 1 – Atributos físicos dos tratamentos, fazenda N. Sr.^a Aparecida, Belterra – PA, 2013.

Variável ¹	Prof (cm)	Tratamentos ^{2*}		
		Cumarú	iLP	FS
Ds (kg.dm ⁻³)	0-10	1,02Ba	1,20Ca	0,73Aa
	10-20	1,08Aa	1,17Aa	1,09Ab
	20-30	1,12Aa	1,11Aa	1,13Ab
	30-50	1,16Aa	1,15Aa	1,10Ab
PT (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,56Ca	0,50Bc	0,68Aa
	10-20	0,55Aa	0,51Bb	0,56Ab
	20-30	0,53Aa	0,53Aa	0,56Ab
	30-50	0,52Ba	0,53Ba	0,56Ab
MAC (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,13Ba	0,08Bb	0,32Aa
	10-20	0,15Aa	0,10Bb	0,16Ab
	20-30	0,11Aa	0,11Aa	0,12Ab
	30-50	0,10Aa	0,11Aa	0,15Ab
MIC (m ³ .m ⁻³)	0-10	0,42Aa	0,43Aa	0,34Bb
	10-20	0,41Aa	0,42Aa	0,40Aa
	20-30	0,42Aa	0,41Aa	0,43Aa
	30-50	0,41Aa	0,41Aa	0,40Aa

¹Análises realizadas no laboratório de Solos da EMBRAPA Amazônia Oriental.

²Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

*Ds = Densidade do solo; PT = Volume total de Poros; MAC = Macroporosidade; MIC = Microporosidade.