

Atributos físicos de um Latossolo Amarelo em cronosequência sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta

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

⁽¹⁾ 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.

⁽²⁾ 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.

RESUMO: A estrutura é uma das características principais do solo sob o ponto de vista agrícola, tendo participação substancial nas relações solo-planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar as variações dos atributos físicos de um Latossolo Amarelo em cronosequência sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Os tratamentos avaliados foram: sistema iLPF amostrado em dois períodos de tempo, no ano 2011 (iLPF2011) e no ano de 2013 (iLPF2013) 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 (iLPF2011 e iLPF2013) apresentou aumento de densidade e perda de porosidade apenas na camada superficiais quando comparado à floresta secundária. Houve diferença de MAC nas camadas 0-10 e 10-20 cm, tendo o iLPF2013 o maior valor. Houve aumento de microporos no sistema iLPF ao decorrer dos anos, quando comparado à FS. O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta aos dois e quatro anos de implantação não proporcionou danos na estrutura do solo quando comparado às condições da floresta secundária.

Termos de indexação: densidade do solo, porosidade total, sistemas agrossilvipastoril

INTRODUÇÃO

O desflorestamento do ecossistema Amazônico associado ao aumento de áreas degradadas tem gerado impactos negativos, comprometendo a disponibilidade e qualidade de bens e serviços ambientais, e o bem estar da sociedade. A atividade agropecuária entra como uma das principais causas do desmatamento das florestas, entretanto, essa atividade está em plena expansão na região e tem grande importância na economia (Domingues & Bermann, 2012), sendo necessária assim, a busca por alternativas que a torne social e ambientalmente mais sustentável.

Dentre as opções, os sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) destacam-se por permitir a recuperação de áreas degradadas por

meio da intensificação do uso da terra (Balbino et al., 2011). Apesar de sua crescente adoção, há dúvidas e questionamentos sobre eventuais efeitos negativos associados à degradação do ambiente, principalmente à degradação dos atributos físicos do solo em razão do uso e manejos aplicados, como o tráfego de máquinas e implementos, além do pisoteio animal (Moraes et al., 2012), que são uns dos causadores diretos da compactação ou adensamento alterando significativamente a qualidade da estrutura do solo, cuja nível de alteração varia também com as condições de clima e natureza do solo (Oliveira et al., 2013).

Muitos atributos físicos têm sido utilizados 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, os quais indicam as condições nas quais poderá ocorrer limitações ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal interferindo na disponibilidade de água (Wendling et al., 2012).

Dessa forma, todas essas informações supõem-se que pesquisas sobre as alterações nas propriedades do solo ao longo do tempo em sistemas consorciados são de fundamental importância para auxiliar futuras intervenções no manejo, garantindo a sustentabilidade destes sistemas. Diante dessas considerações, o objetivo deste trabalho foi avaliar as variações dos atributos físicos de um Latossolo Amarelo em cronosequência sob sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Vitória no município de Paragominas, localizado na região nordeste do estado do Pará, (altitude de 89 metros, 2° 57' 29,47" S de latitude e 47° 23' 10,37" W de longitude), o clima é classificado como Am, segundo classificação de Koppen, precipitação média em torno de 1744 mm, o solo é classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2013), apresentou as seguintes características

químicas e granulométricas: teor de matéria orgânica de 25,7 g kg⁻¹; pH de 5,7; Al= 0,3 cmol_c dm⁻³; Ca= 4,6 cmol_c dm⁻³; Mg= 1,12 cmol_cdm⁻³; K=0,45 cmol_c dm⁻³ e P= 9,21 mg dm⁻³; Areia = 55 g kg⁻¹; Silte = 285 g kg⁻¹; Argila = 660 g kg⁻¹.

O experimento foi composto por um sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) instalado no ano de 2009 (4,05 ha), manejado com cultivo de culturas anuais em consórcio com forrageiras e intercaladas com a espécie de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) e como testemunha uma floresta secundária circunvizinha a área experimental (15 ha).

Até o ano de 2009, 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 2009, 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 duas linhas no espaçamento 3 x 3 m, a distância entre renques foi de 22 m para o cultivo das culturas anuais e forragem, o que totalizou 20% de área ocupada pelas faixas dos renques e densidade de 267 árvores ha⁻¹.

Em fevereiro de 2009, foi realizado o plantio do eucalipto em consórcio com o milho (BRS 1030). Na segunda adubação da soja foi semeada em todo sistema a forragem (*Urochloa ruziziensis*) 20 kg ha⁻¹. No período de 2010 a 2013, realizou-se o plantio de soja (cultivar Sambaiba) (2010) e milho (BRS 1055) (2011 e 2012), sendo que em 2012 o plantio foi realizado em consórcio com capim Piatã, o qual se encontra no sistema até os dias atuais, todos os cultivos foram conduzidos seguindo as recomendações técnicas para as culturas.

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 períodos de tempo, no ano 2011 com dois anos de implantação (iLPF2011) e no ano de 2013 com quatro anos de implantação (iLPF2013) 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.

No mês de abril 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 (Ds) apresentou diferença entre as profundidades nos tratamentos iLPF2013 e FS, sendo os maiores valores nas ultimas camadas indicando um aumento de Ds em profundidade (Tabela 1). Estes resultados corroboram com Rossetti & Centurion (2015), ao avaliarem os atributos físicos de um Latossolo em uma cronosequência sob diferentes manejos, relataram aumento de Ds na medida em que aumentava a profundidade.

Na comparação de Ds dos tratamentos entre cada profundidade, o iLPF2013 diferiu do iLPF2011 nas camadas 10-20 e 20-30 cm, a FS apresentou os menores valores de Ds em todas as camadas (Tabela 1). Os resultados de Ds pode ser explicado pelo fato de ter sido introduzido no sistema iLPF a forragem *Urochloa ruziziensis* como planta de cobertura, com formação de matéria orgânica o que melhora a estrutura do solo, pois 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 no decorrer dos anos (Silva et al., 2013).

Resultados semelhantes aos encontrados por Loss et al. (2011), no estudo em que avaliaram os atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de uso, onde verificaram valores de Ds dos sistemas integrados semelhantes ao da Mata testemunha.

Ao avaliar somente os valores de Ds, tais resultados indicam que o sistema iLPF aos dois e quatro anos de idade não afetou 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 Ds superior a 1,30 kg m⁻³ pode haver restrições ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas.

A porosidade total (PT) do solo indicou diferença significativa entre as profundidades de cada tratamento apenas para FS na camada 0-10 cm e no iLPF20 na camada 30-50 cm em relação às demais profundidades (Tabela 1).

A manutenção da porosidade do solo no sistema iLPF e a similaridade de valores de porosidade total com FS (Tabela 1) ocorreu, provavelmente, por não ter sido realizado revolvimento contínuo do solo (isso pode explicar a perda de porosidade na camada superficial, 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 do solo em profundidade (SANTOS et al., 2011).

Resultados que similares 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 benéfico dos resíduos vegetais na estrutura do solo ao longo dos anos 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).

A macroporosidade (MAC) apresentou distinção entre as profundidades somente no iLPF2013 (Tabela 1). Em relação aos tratamentos em cada profundidade, o iLPF2013 e iLPF2011 diferiu da FS, com maiores valores de MAC encontrados nas camadas 0-10 e 10-20 cm e 20-30 e 30-50 cm, respectivamente (Tabela 1).

Segundo Taylor & Ashcroft (1972), valores de MAC superiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ são necessários para possibilitar as trocas gasosas e o crescimento das raízes, deste modo, para esse atributo tais valores sugerem que o iLPF2011 e o iLPF2013 expressam condições satisfatórias ao desenvolvimento da maioria das plantas (Tabela 1).

Com relação à microporosidade (MIC), apresentaram diferença entre as profundidades apenas o iLPF2013 e FS, indicando menores valores de MIC nas camadas 30-50 e 0-10 cm, respectivamente. Quando comparados os tratamentos em relação a cada profundidade houve diferença significativa em relação aos tratamentos, o sistema iLPF apresentou aumento de microporos de 2011 para 2013 nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, com maiores valores do que a FS (Tabela 1).

Resultados que corroboram com os encontrados 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.

Evidencia-se os benefícios do uso de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta na recuperação de áreas degradadas, pois 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 sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta aos dois e quatro anos de implantação não proporcionou danos na estrutura do solo quando comparado às condições da floresta secundária.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFIRIO-DA-SILVA, 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>.

DOMINGUES, M. S.; BERMAN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Ambiente & Sociedade, São Paulo v.15, n.2, p.1 -22, mai-ago, 2012.

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 - Propriedades físicas dos tratamentos, fazenda Vitória, Paragominas - PA.

Variável ¹	Prof (cm)	Tratamentos ^{2*}		
		iLPF 2011	iLPF 2013	FS
Ds (kg dm ⁻³)	0-10	1,25Ca	1,20Ba	0,89Aa
	10-20	1,24Ba	1,50Cc	1,15Ab
	20-30	1,20Aa	1,36Bb	1,18Ab
	30-50	1,15Ba	1,30Bb	1,13Ab
PT (m ³ m ⁻³)	0-10	0,47BCa	0,44Cb	0,57Aa
	10-20	0,48Aa	0,41Bb	0,50Ab
	20-30	0,48Aa	0,41Bb	0,49Ab
MAC (m ³ m ⁻³)	0-10	0,12Ba	0,23Aa	0,13Ba
	10-20	0,13Ba	0,18Aa	0,11Ba
	20-30	0,15Aa	0,11Bb	0,12Ba
MIC (m ³ m ⁻³)	0-10	0,18Aa	0,11Bb	0,13Ba
	0-10	0,34Ba	0,21Cc	0,44Aa
	10-20	0,34Ba	0,23Cc	0,38Ab
	20-30	0,33Ba	0,32Bb	0,37Ab
	30-50	0,32Ba	0,35ABa	0,38Ab

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.