



Atributos físicos de solos amazônicos após conversão de floresta nativa em pastagem e integração lavoura-pecuária

Erbesson de Souza Brito^(1*); Marina Luciana Abreu de Melo⁽²⁾; Arthur Klebson Belarmino dos Santos⁽³⁾

⁽¹⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP); Piracicaba, São Paulo, Brazil, 13418-900 (erbessonbrito@usp.br).

⁽²⁾ Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP); Piracicaba, São Paulo, Brazil, 13418-900.

⁽³⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP); Piracicaba, São Paulo, Brazil, 13418-900.

RESUMO: A manutenção da qualidade do solo após a substituição de sistemas naturais para agropecuários, é um dos maiores desafios na Amazônia. O trabalho teve por objetivo avaliar atributos indicadores da qualidade física do solo em sistema de integração lavoura-pecuária e pastagem, em substituição à floresta nativa em solos da Amazônia Ocidental. Os sistemas avaliados foram: pastagem (P), integração Lavoura-Pecuária (ILP) e floresta nativa (FN). Em cada área, foram abertas quatro trincheiras até a profundidade de 50 cm, para a coleta de amostras com estrutura preservada, nas camadas de 0-15, 15-35 e 35-50 cm. Em laboratório, as amostras indeformadas foram saturadas por capilaridade para obtenção da porosidade total (Pt). Em seguida as amostras foram submetidas às tensões de 1 KPa e 10 KPa para determinar, nessa ordem, a microporosidade e a capacidade de campo (CC), segundo Reynolds et al. (2008). A capacidade de aeração do solo (ACb), e a capacidade de aeração da matriz do solo (ACm), foram definidas, respectivamente, pela diferença entre θ_s e CC e pela diferença entre Micro e CC. A densidade do solo (Ds) foi determinada pela relação entre massa de solo e volume. Não houve diferença significativa entre os sistemas de uso do solo para os atributos Pt, ACm e Ds. Em contrapartida, houve diferença para ACb, sendo o menor valor atribuído ao sistema ILP. A diferença para ACb pode ser relacionada à maior sensibilidade desse atributo ao histórico dos solos avaliados. A substituição de floresta para sistemas agropecuários não alterou as propriedades físicas do solo.

Termos de indexação: capacidade de aeração, uso do solo, Amazônia Ocidental.

INTRODUÇÃO

A produção agropecuária é a principal atividade desenvolvida nas áreas de conversão no estado do Acre (ACRE, 2010). Entretanto, existe uma carência de informações em relação aos efeitos de sistemas de uso e manejo do solo após a substituição de florestas nativas para atividades agropecuárias nas propriedades físicas dos solos, especialmente em pastagens, que respondem pela maior porção do uso antrópico dos solos na região amazônica.

Esse efeito do uso e manejo na qualidade física do solo pode ser investigado por meio da utilização de parâmetros indicadores e da comparação ao estado natural do solo ou faixas de valores considerados ideais na literatura. Nesse sentido, Reynolds et al. (2008) propuseram como indicadores de sua qualidade física, entre outros parâmetros, a microporosidade, a densidade do solo, a capacidade de aeração do solo e a capacidade de aeração da matriz do solo.

O ar é a fase gasosa do solo, e fornece o O_2 necessário à respiração das raízes e micro-organismos (LEPSCH, 2010). Para isso, um conteúdo de ar na faixa de 0,05 a 0,20 $m^3 m^{-3}$ é usualmente considerado satisfatório (DE JONG VAN LIER, 2010). Entre outras variáveis, a aeração do solo na zona radicular efetiva está diretamente relacionada ao crescimento das plantas, o que pode afetar a produtividade das culturas (BERNARDO et al., 2008, REYNOLDS et al., 2008).

A densidade do solo é um dos parâmetros indicadores utilizados devido à sua simples determinação e à sua relação muito próxima com outras propriedades físicas do solo que afetam o desenvolvimento das plantas, tais como a umidade,



a porosidade e a aeração do solo. Com o aumento da densidade, normalmente ocorre uma redução da porosidade do solo, tendo efeito mais pronunciado na macroporosidade (REICHERT et al., 2009; BERGAMIN et al., 2010).

O uso e manejo do solo podem causar graves danos à qualidade física dos solos, caso não sejam bem planejados. De acordo com Filizola et al. (2017), sistemas integrados de produção, como os de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, além do plantio direto com rotação de culturas, dos plantios florestais mistos com espécies leguminosas, e do uso de adubos verdes e cultivos de cobertura, devem ser levados em consideração para que se garanta um manejo adequado dos solos, com um conseqüente incremento da sua qualidade física.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar atributos indicadores da qualidade física do solo em sistema de integração lavoura-pecuária e pastagem, em substituição à floresta nativa em solos da Amazônia Ocidental.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Rio Branco, região Leste do estado do Acre (latitude 9° 56' S, longitude 68° 14' W e altitude 194 m). O clima regional é tipo Am, conforme Köppen, e a média anual da precipitação pluviométrica varia de 1.877 a 1.982 mm (ACRE, 2010).

Os sistemas avaliados foram: pastagem (P), integração Lavoura-Pecuária (ILP) e floresta nativa (FN), em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os solos das áreas de estudo foram classificados como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico plintossólico nos sistemas P e ILP e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plintossólico na FN, conforme Embrapa (2013). O sistema FN é formado por vegetação aberta, com ocorrência natural de palmeiras e bambu (ACRE, 2010). Anteriormente, o uso da área de ILP era uma pastagem, introduzida em 1996, após a retirada e a queima da floresta nativa. Em 2011, introduziu-se a ILP, caracterizada por consorciação de pastagem de braquiária e plantio de milho. Nesse ano, foi realizado apenas um preparo do solo, com aplicação de corretivos da acidez. A pastagem corresponde a um sistema convencional de 20 anos com *Brachiaria brizantha*, implantada sem o uso de corretivos e adubos.

A amostragem foi realizada em julho de 2015. Em cada sistema, foram abertas quatro trincheiras até a profundidade de 50 cm, distanciadas 40 m uma das outras, para a coleta de amostras de solo

com estrutura preservada, no centro das camadas de 0-15, 15-35 e 35-50 cm. A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta, sendo os resultados expressos na **tabela 1**.

Tabela 1 - Teores de argila, silte e areia total para os sistemas de uso do solo.

Tratamentos	Argila Silte Areia total (g kg ⁻¹)		
	0-15 cm		
P	275	479	246
ILP	220	577	203
FN	365	527	108
15-35 cm			
P	325	455	220
ILP	240	572	188
FN	374	530	96
35-50 cm			
P	434	388	178
ILP	302	532	166
FN	393	535	72

Em laboratório, as amostras foram saturadas por capilaridade para obtenção da porosidade total (PT), como sendo igual à umidade de saturação (θ_s), ($m^3 m^{-3}$). Em seguida as amostras foram submetidas às tensões de 1 KPa e 10 KPa para determinar, nessa ordem, a microporosidade (Micro), ($m^3 m^{-3}$) e a capacidade de campo (CC), ($m^3 m^{-3}$), segundo Reynolds et al. (2008).

A capacidade de aeração do solo (ACb), ($m^3 m^{-3}$) e a capacidade de aeração da matriz do solo (ACm), ($m^3 m^{-3}$), foram definidas, respectivamente, pela diferença entre θ_s e CC e pela diferença entre Micro e CC (Reynolds et al., 2008). A densidade do solo (Ds) foi determinada pela relação entre massa e volume e calculada em $Mg m^{-3}$. Os procedimentos foram executados conforme descritos em Embrapa (2011). Todas as análises foram executadas conforme descritas em Embrapa (2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, ao teste de médias Skott-knott a 5% de significância, com auxílio da linguagem R, pacote ExpDes (Ferreira et al., 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os sistemas de uso do solo para os atributos Pt, ACm e Ds. Em contrapartida, houve diferença para

ACb, sendo o menor valor atribuído ao sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) (Tabela 2).

Tabela 2 - Pt, ACb, ACm e Ds entre os sistemas de uso avaliados.

Tratamentos	Pt	ACb	ACm	Ds
		($m^3 m^{-3}$)		($Mg m^{-3}$)
P	0,50 ^{ns}	0,08 a	0,03 ^{ns}	1,47 ^{ns}
ILP	0,50	0,07 b	0,03	1,48
FN	0,51	0,08 a	0,03	1,44
CV (%)	4,86	13,89	19,91	3,00

ns = não significativo. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A diferença para ACb pode ser relacionada à maior sensibilidade desse atributo ao histórico dos solos avaliados. Enquanto para P, o uso do solo não é alterado há 20 anos, para ILP houve alteração mais recente. No entanto, em geral, os resultados foram semelhantes, o que pode ser atribuído ao caráter conservacionista de P e ILP. Kunz et al. (2013) e Moreira et al. (2012) obtiveram resultados similares, avaliando o efeito de sistemas de pastejo e ILP sobre os atributos físicos do solo.

Analisando cada camada (Figura 1), verificou-se que a maior diferença foi para o atributo Ds em 0-15 cm, que foi menor para P e ILP. Esse resultado pode ser atribuído à maior cobertura do solo sob esses sistemas, protegendo-o da compactação superficial pelo impacto das gotas de chuva.

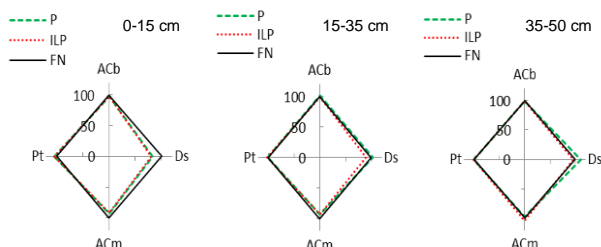


Figura 1. Diagramas radiais dos atributos físicos do para os sistemas de uso em cada camada.

Entre as camadas, houve diferença significativa apenas para Ds, que foi maior à medida que se aumentou a profundidade (Tabela 3). Marques et al. (2013) também observaram elevação da densidade do solo com a profundidade, avaliando atributos físicos de solos sob floresta nativa na Amazônia Central. Esse comportamento pode ser associado à maior concentração de raízes nas camadas mais superficiais que, por meio do aumento da frequência de bioporos, contribui para a redução da Ds.

Tabela 3 - Pt, ACb, ACm e Ds entre as camadas amostradas.

Tratamentos	Pt	ACb	ACm	Ds
		($m^3 m^{-3}$)		($Mg m^{-3}$)
0-15	0,51 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,40 a
15-35	0,50	0,07	0,03	1,48 b
35-50	0,49	0,08	0,03	1,52 c
CV (%)	4,86	13,89	19,91	3,00

ns = não significativo. Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Constatou-se que os valores determinados para Pt foram, em geral, iguais ou superiores ao valor mínimo de qualidade estrutural do solo de $0,50 m^3 m^{-3}$ proposto por Andrade e Stone (2009). Por outro lado, os valores de ACb e ACm foram inferiores aos respectivos limites críticos de $0,10-0,15 m^3 m^{-3}$ e $0,10 m^3 m^{-3}$, propostos por Reynolds et al. (2008) para adequada aeração das raízes (Tabelas 2 e 3). Contudo, esses limites críticos devem ser validados para cada solo, considerando a reposta das plantas, o que não foi objeto deste estudo.

Segundo Kiehl (1979), a densidade de solos mineirais deve permanecer entre $1,1$ e $1,6 Mg m^{-3}$. Camargo e Alleoni (1997) sugeriram o valor crítico de $1,55 Mg m^{-3}$, em solos de textura franco-argilosa a argilosa. Conforme essas referências, constatou-se que nenhum dos sistemas de uso apresentou valores de Ds restritivos ao desenvolvimento da vegetação (Tabelas 2 e 3). Saliencia-se ainda, que, por se tratar de solos com predominância de textura média (150 a $350 g kg^{-1}$ de argila), os valores de Ds tendem a ser naturalmente mais elevados, em comparação a solos argilosos (350 a $600 g kg^{-1}$ de argila) a muito argilosos (argila $> 600 g kg^{-1}$).

CONCLUSÕES

A conversão da floresta nativa em pastagem e sistema de integração lavoura-pecuária promove a manutenção da qualidade física do solo.

No planejamento do uso dos solos da região amazônica, outros fatores, além dos atributos físicos do solo, devem ser analisados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem a CAPES, pela concessão de bolsa e a Universidade do Estado de Santa Catarina, pelo apoio financeiro para execução das atividades de campo e laboratorial.



REFERÊNCIAS

- ACRE. Governo do Estado do Acre. 2010. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese. 2.ed. SEMA, Rio Branco, Brasil. 356p.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 382-388, 2009.
- BERGAMIN, A. C et al. Compactação em um latossolo vermelho distroférrico e suas relações com o Crescimento radicular do milho. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 34, p. 681-691, 2010.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8. ed. Viçosa, MG: Universitária, 2008. 625p.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. 132p.
- DE JONG VAN LIER, Q. Física do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1ª ed. Viçosa: UFV, 2010.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Documento 182, Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Produção de Informação, 2011.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 353 p. 2013.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. *Applied Mathematics*, Alfenas, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014.
- FILIZOLA, H.F.; Fontana, A.; Donagemma, G. K.; de Souza. M.D.; Bortolon, E.S.O.; Bortolon, L. Qualidade física de solos influenciada pelo uso e manejo na região de Guaraí-TO. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017.
- KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KUNZ, M. et al. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 6, 2013.
- LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.
- MARQUES, J. D. O. et al. Carbono orgânico em solos sob floresta na Amazônia central. In: Congresso Norte Nordeste de pesquisa e Inovação. 2013.
- MOREIRA, W. H. et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.389-400, 2012.
- REICHERT, J.M et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil Tillage Research*, v. 102, p. 242-254, 2009.
- REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; YANG, X. M.; TAN, C. S. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. *Geoderma*, v. 146, n. 3, p. 466-474, 2008.