



Distribuição do tamanho de poros em um Latossolo Vermelho em sistema integrado de produção agropecuária

Rafael Luís Sanchez Perusso^{(1)*}; Carolina dos Santos Batista Bonini⁽¹⁾; Cleiton Alexandre Silveira do Nascimento⁽¹⁾; Jéssica Fernanda Dias Souza⁽¹⁾; Gelci Carlos Lupatini⁽¹⁾; Hauan Andreozzi de Souza⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Universidade Estadual Paulista (UNESP); Dracena, São Paulo, Brasil, 17900-000. *email:* rafaelengenh@ gmail.com. Bolsista FAPESP (proc. FAPESP: 2017/17300-8).

RESUMO: Os sistemas integrados de produção agropecuária visam a sustentabilidade, procurando explorar o máximo da área, além de diminuir os impactos sobre as propriedades do solo. O presente trabalho teve objetivo estudar a distribuição do tamanho de poros de um Latossolo em um sistema integrado de produção agropecuária após três anos de implantação do sistema. O experimento foi realizado na Fazenda pertencente ao grupo Facholi, no município de Caiuá/SP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e compostos por 7 tratamentos: 1 - Soja – Milho + *B. ruziziensis* (pastejo); 2 - Soja – Milho + Piatã (pastejo); 3 - Soja – Milho + Paiaguás (pastejo); 4 - Soja - Piatã (pastejo 2 anos) – Soja - Piatã (pastejo); 5 - Soja - Paiaguás (pastejo 2 anos) – Soja - Paiaguás (pastejo); 6 - Soja – milho (Plantio direto); 7 - Soja – milho (Preparo convencional). Foram realizadas as avaliações dos seguintes atributos do solo: macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, em duas camadas do solo; 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade. Os resultados mostram que a macroporosidade aumentou com o tempo e houve uma diminuição da densidade do solo, mostrando que os sistemas avaliados influenciaram positivamente os atributos do solo estudados, melhorando por tanto a qualidade do solo.

Termos de indexação: matéria orgânica, densidade do solo, qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo causada pelo pisoteio animal tem sido apontada como uma das principais causas da degradação de áreas cultivadas em sistemas integrados de produção agropecuária (ALBUQUERQUE, SANGOI & ENDER, 2001). A compactação do solo tem por característica reduzir a

porosidade do solo, principalmente a macroporosidade, com isso a densidade do solo aumenta e a resistência mecânica a penetração também aumenta, o que pode prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, diminuindo consequentemente a produtividade.

A densidade do solo tem sido um dos atributos usados para avaliação do estado estrutural do solo (SPERA et al., 2004). Por possuir estreita relação com outros atributos, a grande maioria das pesquisas converge para o fato de que, com o seu aumento, ocorre a diminuição da porosidade total, macroporosidade, condutividade hidráulica, absorção iônica, assim como o consequente aumento da microporosidade e da resistência mecânica à penetração do solo. Esse fato desencadeia, no geral, diminuição da produtividade agrícola (MELLO FILHO et al., 2006; SANTOS et al., 2006; LIMA et al., 2007).

A densidade e a porosidade do solo são as propriedades físicas mais amplamente utilizadas na quantificação da qualidade física do solo, em pastagem sob pastejo, a qual é mais afetada nos primeiros 150 mm de profundidade (GREENWOOD & MCKENZIE, 2001; LANZANOVA et al., 2007). Em trabalho realizado por Spera et al. (2009), objetivando o manejo adequado do solo para fins conservacionistas, os autores afirmaram que o aumento de macroporos é o aspecto mais importante e o valor da macroporosidade menor que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ pode tornar-se crítico. Entretanto, conforme relatado por Lanzanova et al. (2007), em valores abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, não interferiram na produção das culturas utilizadas nos sistemas produtivos, tendo em vista que essas atingiram elevados valores de produção. Assim, para solos tropicais, esse limite de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ pode não ser o real valor limitante à produção agrícola (COSTA et al., 2015). Tendo em vista que após três anos de implantação, o sistema já tenha modificado o solo de forma positiva, melhorando assim toda a sua estrutura, objetivou-se então estudar a distribuição do tamanho de poros do



solo em estudo para avaliar o seu ganho com o sistema integrado de produção agropecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área pertencente ao Grupo Facholi, localizada no município de Caiuá – SP, localizada na região sudoeste do Estado de São Paulo a altitude de 375 metros, latitude 21° 49' 58" Sul, longitude 51° 59' 24" Oeste. O clima da região é classificado como Clima tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: Aw). A precipitação média anual é de 1.154 mm e a temperatura média anual é de 22.8°C. O solo em estudo é um Latossolo Vermelho (SANTOS et al., 2018). Antes da implantação do experimento foi realizada a caracterização inicial das propriedades físicas da área experimental no ano de 2015, com os seguintes resultados: macroporosidade (%)=5 e 4; microporosidade (%)= 19 e 16; porosidade total (%)= 24 e 20 e densidade (g cm^{-3}) = 1,55 e 1,63; nas camadas 0-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com os seguintes tratamentos: 1-Soja – Milho + *B. ruziziensis* (pastejo); 2-Soja – Milho + Piatã (pastejo); 3-Soja–Milho + Paiaguás (pastejo); 4-Soja - Piatã (pastejo 2 anos) – Soja - Piatã (pastejo); 5 - Soja - Paiaguás (pastejo 2 anos) – Soja - Paiaguás (pastejo); 6-Soja – milho (Plantio direto); 7-Soja – milho (Preparo convencional).

Foram coletadas duas amostras em cada parcela dos três blocos. A porosidade total foi determinada pela saturação do solo (volume de poros totais do solo ocupado pela água), a microporosidade pelo método da mesa de tensão com coluna de água de 0,060 kPa e a macroporosidade foi calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade, e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico de acordo com TEIXEIRA et al. (2017), nas camadas de solo de 0-0,10m e 0,10-0,20m, em 3 épocas distintas: setembro de 2016; fevereiro de 2017 e Novembro de 2017.

Os dados foram submetidos à análise de variância, a correlação simples e teste Tukey a 5% de probabilidade para a comparação de médias utilizando-se o programa estatístico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que na camada de 0-0,10m houve diferenças significativas entre os tratamentos para microporosidade, com o maior valor encontrado para o tratamento com rotação soja-milho em sistema de

plantio direto (Tabela 1). De acordo com Spera et al. (2004) em estudo feito sobre sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagem sob sistema de plantio direto, verificaram diferenças de microporosidade entre os sistemas de manejo. Os valores encontrados para microporosidade no presente trabalho foram superiores a resultados encontrados por Marchão et al (2007). Quando se compara os resultados ao longo do período de condução dos experimentos, pode-se observar que na primeira coleta realizada em setembro de 2016, após a colheita do milho, o valor para macroporosidade é menor e conseqüentemente, a microporosidade tem o maior valor. Na segunda coleta realizada em fevereiro de 2017, após a colheita da soja, a macroporosidade passa a ter um valor maior, e a microporosidade um menor valor, ou seja, a distribuição de macro e microporos foi diretamente afetada de acordo com a cultura em questão (tabela 1) . Esse efeito cíclico evidencia-se quando observa-se os valores obtidos na terceira coleta em novembro de 2017, novamente após a colheita da cultura do milho, quando os valores da distribuição dos poros voltam a se aproximar dos valores obtidos na primeira coleta. Em estudo realizado por Chioderoli (2010) também foram encontrados resultados semelhantes aos obtidos na presente pesquisa na camada de 0-0,10m, onde a macroporosidade também aumentou após a colheita da soja quando comparada a coleta feita após a cultura do milho. Esse efeito da distribuição dos poros também acontece na camada mais profunda (0,10-0,20) (Tabela 1).

Nas avaliações realizadas durante o decorrer dos experimentos, observa-se que a porosidade total diminuiu nas duas camadas estudadas, o que conseqüentemente influenciou também no aumento da densidade (Tabela 1).

Na camada de 0,10-0,20 m houve diferença significativa para macroporosidade e porosidade total, sobressaindo-se o tratamento com a rotação de soja com a *U. brizantha* cv. *Piatã* para os dois atributos.

Na Tabela 2, observa-se diferenças claras na distribuição da porcentagem de macroporos nas diferentes épocas de avaliação, na qual a maior porcentagem de macroporos foi obtida na coleta realizada em fevereiro de 2017. Observa-se que os resultados de microporosidade se relacionam com os resultados de macroporosidade, quando a macroporosidade esta maior, a microporosidade conseqüentemente tem um valor menor. Na coleta de fevereiro de 2017 que foi realizada após a colheita da soja, a distribuição dos poros mudou, diminuindo o número de microporos. Para a



interação entre porosidade total e a data de coleta, observa-se que nas duas camadas estudadas a porosidade total diminuiu com o passar do tempo de implantação do sistema, com declínio acentuado na última coleta realizada após a colheita do milho. Em pesquisa desenvolvida por Albuquerque (2001), foram obtidos resultados semelhantes aos verificados na presente pesquisa, onde a redução nos macroporos refletiu significativamente na porosidade total que também reduziu.

Observa-se um elevado valor de densidade do solo no consórcio Soja-Milho+Piatã ($1,67 \text{ g cm}^{-3}$) na camada 0,0-0,10m (Tabela 2). Tormena et al. (2001), verificaram valores semelhantes de densidade em solo sobre sistema de plantio direto, em que as maiores densidades foram encontradas onde se tinha o menor volume de macroporos. No presente trabalho foi possível observar as mudanças evidentes na distribuição dos poros ao longo de uma safra agrícola, o que acontece muito em função das diferenças entre sistemas radiculares das plantas e do manejo empregado.

CONCLUSÕES

Os sistemas integrados de produção agropecuária favorecem positivamente os atributos físicos estudados, aumentando a porosidade total ao fim do período de estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP (proc.: 2017/17300-8) pela concessão da bolsa de iniciação científica e ao Grupo Facholi por ceder a área para realização do experimento e auxílio a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeito da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p.717-723, 2001.
- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39- P. 852-863, 2015.
- CHIODEROLI, Carlos A. et al. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 6, p. 1101-1109, 2010.
- GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.41, p.1231-1250, 2001.
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1131-1140, 2007.
- LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; MELLO, L. M. M.; LIMA, R. C. Correlação linear e espacial entre produtividade de forragem, a porosidade total e a densidade do solo de Pereira Barreto (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31: p. 1233-1244, 2007
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; Becquer T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.
- MELO FILHO, J. F.; OLIVEIRA, A. S.; LOPES, L. C.; VELLAME, L. M. Análise estatística exploratória e variabilidade da densidade do solo em um perfil de Latossolo Amarelo coeso dos tabuleiros costeiros da Bahia. *Ci. Agrotec.*, v. 30: p. 199-205, 2006.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema de Classificação de solos. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018.
- SANTOS, M. L.; CARVALHO, M. P.; RAPASSI, R. M. A.; MURASHI, C. T.; MALLER, A.; MATOS, F. A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. *Acta Science*, v. 28: p. 313-321, 2006.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O.. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v. 28: p. 533-542. 2004.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573 p.
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

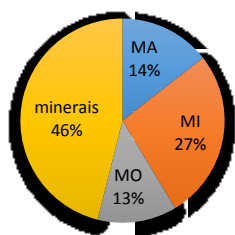


Figura 1 – Componentes do solo - Set/2016

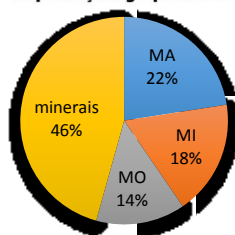


Figura 2 - Componentes do solo - Fev/2017

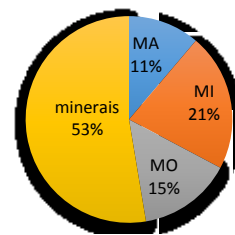


Figura 3 - Componentes do solo - Nov/2017

Tabela 1 – Médias para macroporosidade (%), microporosidade (%), porosidade total (%) e densidade do solo (kg dm^{-3}) para as camadas de 0,0-0,10m e 0,10-0,20m. Caiuá – SP. 2016-17.

0-0,10m				
Tratamento	Ma	Mi	Pt	Ds
Soja-Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	17,21a	20,85b	38,06 ^a	1,61 ^a
Soja-Milho+Piatã	16,00a	22,27ab	38,28 ^a	1,61 ^a
Soja-Milho+Paiaguás	16,04a	22,20ab	38,24 ^a	1,61 ^a
Soja-Piatã	18,71a	21,32b	40,03 ^a	1,56 ^a
Soja-Paiaguás	17,11a	22,31ab	39,43 ^a	1,56 ^a
Soja-Milho	15,67a	23,60a	39,29 ^a	1,55 ^a
Ano				
Set/2016	15,60b	26,69a	42,29 ^a	1,54b
Fev/2017	23,47a	17,73c	41,21 ^a	1,61 ^a
Nov/2017	11,31c	21,85b	33,16b	1,61 ^a
0,10-0,20m				
Tratamento	Ma	Mi	Pt	Ds
Soja-Milho+ <i>U. ruziziensis</i>	15,04b	20,88a	35,92b	1,66 ^a
Soja-Milho+Piatã	13,83b	22,78a	36,61ab	1,64ab
Soja-Milho+Paiaguás	14,44b	22,66a	37,10ab	1,63ab
Soja-Piatã	18,28a	21,51a	39,80 ^a	1,58b
Soja-Paiaguás	15,42ab	22,85a	38,28ab	1,62ab
Soja-Milho	14,91b	22,19a	37,10ab	1,63ab
Ano				
Set/2016	13,28b	27,15a	40,43 ^a	1,60b
Fev/2017	21,60a	18,06c	39,66 ^a	1,64a
Nov/2017	11,08c	21,23b	32,31b	1,64a

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Desdobramento das interações significativas entre macro, micro, porosidade total e densidade do solo em função da épocas de coleta. Caiuá – SP. 2016-17.

Trat/ Época	(MA x Época)			(MI x Época)			(PT x Época)			(Ds x Época)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,0-0,10m												
1	16,86aAB	24,04aA	10,72aB	26,26aA	15,28aC	21,01aB	43,13aA	39,32aA	31,74aB	1,54aA	1,65aA	1,65aA
2	16,70Aa	18,85aA	12,45aA	26,25aA	19,52aB	21,05aB	42,96aA	38,37aAB	33,50aB	1,54aB	1,67aA	1,62aAB
3	11,08aB	26,20aA	10,84aB	27,29aA	17,06aC	22,23aB	38,38aAB	43,27aA	33,08aB	1,61aA	1,57aA	1,66aA
4	15,55aB	27,63aA	12,95aB	26,55aA	16,30aB	21,10aB	42,11aA	43,94aA	34,06aB	1,54aA	1,57aA	1,59aA
5	17,05aAB	23,46aA	10,82aB	26,47aA	17,95aB	22,52aAB	43,53aA	41,42aA	33,34aB	1,49aA	1,60aA	1,60aA
6	16,35aAB	20,61aA	10,06aB	27,31aA	20,30aB	23,20aAB	43,66aA	40,93aA	33,27aB	1,51aA	1,59aA	1,57aA
0,10-0,20m												
1	14,72aB	20,96bA	9,45bC	24,18aA	17,20aB	21,25aAB	38,90aA	38,16aA	30,70aB	1,64aA	1,66aA	1,67aA
2	13,13aB	17,44bA	10,92abB	26,91aA	21,22aAB	20,22aB	40,04aA	38,66aA	31,13aB	1,59aA	1,66aA	1,66aA
3	10,83aB	21,76bA	10,73abB	28,68aA	16,95aB	22,35aAB	39,52aA	38,71aAB	33,08aB	1,59aA	1,63aA	1,67aA
4	12,64aB	27,12aA	15,08aB	29,16aA	14,99aB	20,40aB	41,80aA	42,12aA	35,48aB	1,59aA	1,59aA	1,56aA
5	14,49aB	19,79bA	11,99abB	28,74aA	19,59aB	20,24aB	43,23aA	39,38aA	32,23aB	1,56aA	1,65aA	1,65aA
6	13,87aB	22,54abA	8,30bC	25,24aA	18,41aB	22,94aAB	39,11aA	40,95aA	31,25aB	1,61aA	1,63aA	1,66aA

Legenda: tratamento: 1 = Soja-Milho+*U. ruziziensis*; 2 = Soja-Milho+Piatã; 3 = Soja-Milho+Paiaguás; 4 = Soja-Piatã; 5 = Soja-Paiaguás; 6 = Soja-Milho. Época: 1 = set/2016; 2 = fev/2017 e 3 = Nov/2017.

Médias seguidas por letras iguais e maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.