



Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos

Sandra A. A. Agne¹ & Vilson A. Klein²

¹ IFSC/UPF. Chapecó, SC. E-mail: agne@ifsc.edu.br (Autora correspondente)

² UPF. Passo Fundo, RS. E-mail: vaklein@upf.br

Palavras-chave:
produção animal
resíduo orgânico
alterações edáficas

RESUMO

A atividade suinícola gera grande quantidade de dejetos que podem ser utilizados como fertilizante em áreas de lavouras e pastagens. A adição continuada desses dejetos pode alterar os atributos físicos do solo. Neste trabalho objetivou-se verificar a influência da aplicação de doses 0, 48, 96, 144, 192 e 240 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, de dejetos líquidos suíno durante quatro anos, num Latossolo Vermelho com pastagem perene. O teor médio de matéria seca do dejetos líquido de suínos foi de 1,72%. Amostras de solo com estrutura preservada e não preservada foram coletadas nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20; 0,20-0,25 e 0,25-0,30 m. Avaliaram-se o teor de matéria orgânica, a argila dispersa em água, a densidade do solo e dos sólidos e a relativa, a resistência à penetração, a porosidade total e o volume de macro, micro e criptoporos, a permeabilidade do solo ao ar e a estabilidade dos agregados do solo. Com exceção do teor da matéria orgânica não houve interação entre doses e camadas. Os atributos físicos avaliados não foram influenciados pela aplicação das diferentes doses de dejetos líquidos de suínos com matéria seca de 1,72%, por um período de quatro anos em Latossolo Vermelho.

Key words:
animals production
organic residue
edafic alterations

Organic matter and physical attributes of an Oxisol after swine waste application in perennial pastures

ABSTRACT

Swine farming generates great amount of manure that can be used as fertilizer in crops and pastures. The continuous application of swine waste may change the physical attributes of the soil. The present study aimed to verify the influence of 0, 48, 96, 144, 192 and 240 m³ ha⁻¹ year⁻¹ of pig slurry applications in a four-year time span on Oxisol in a perennial pasture. The mean content of dry matter in pig slurry was 1.72%. Soil samples of undisturbed and disturbed structures were collected in 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20; 0,20-0,25; 0,25-0,30 m layers. Organic matter content, texture, water dispersible clay, soil density, maximum bulk density, relative density, mechanical resistance to penetration, total porosity and macro, micro and criptopores volume, soil permeability to air, soil aggregates stability were evaluated. Organic matter content was the only attribute to show some interaction between dose and layer. The evaluated parameters were not influenced by application of different doses of pig slurry with dry matter of 1.72% for a period of four years in an Oxisol.

INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira é uma atividade de extrema importância econômica mas a concentração desses animais trouxe um desafio quanto ao destino correto dos dejetos produzidos evitando a contaminação do solo e da água. Atualmente, a principal forma de utilização é a adição ao solo como fertilizante de culturas e pastagens visando complementar e/ou substituir os fertilizantes minerais recomendados nos programas de adubação. Uma das maiores preocupações é quanto à dose a ser utilizada, para que esta não seja superior à capacidade de reciclagem do solo ou a exigência das culturas, em razão de que se estima que o uso prolongado e/ou excessivo pode resultar em desequilíbrio na estrutura física do solo (Seganfredo, 1998; Arruda et al., 2010).

Apesar dos trabalhos relacionados aos efeitos do dejetos no solo e também ao ambiente, como os desenvolvidos por Sharpley

et al. (2004); Adeli et al. (2005); Arruda et al. (2010) e Comin et al. (2013) torna-se fundamental a obtenção de informações em referência aos efeitos do dejetos nos atributos físicos do solo em trabalhos de longa duração uma vez que, em sua maioria, os efeitos são cumulativos no solo. Para Lourenzi (2010) a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) nas doses de 20 a 80 m³ ha⁻¹ promoveu, durante oito anos, aumento no teor de matéria orgânica (MO) enquanto que no estudo desenvolvido por Scherer et al. (2010) em propriedades rurais que haviam recebido DLS por um período entre 15 e 20 anos, não ocorreu incremento nos teores de MO.

Nos estudos com dejetos suíno torna-se relevante sua caracterização, tanto para se verificar a composição química quanto para definir a quantidade a ser aplicada evitando, assim, alterações no solo, tais como a dispersão da argila, devido à presença de elementos dispersantes. Homem et al. (2012)

observaram, analisando a ocorrência de dispersão de argila pela aplicação de águas residuárias de criatórios de bovinos, suínos e coelhos, em um Latossolo Vermelho amarelo, no 1º experimento, 61% de dispersão aplicando, durante 20 dias, doses de 72 mm das águas residuárias no segundo experimento utilizando, para a aplicação, permeâmetro de coluna vertical e carga constante e constataram 48% de dispersão da argila; os pesquisadores salientam que aplicações sucessivas podem propiciar o acúmulo de compostos dispersantes na solução do solo, afetando sua estrutura.

A resistência à penetração (RP) das raízes tem sido frequentemente utilizada para avaliar a qualidade física do solo por ser sensível frente às modificações impostas pelo manejo e ter relações diretas com o crescimento radicial (Freddi et al., 2007). Além de se relacionar com a produtividade das plantas, Beutler et al. (2006). Para Moura et al. (2012) a aplicação de DLS não influenciou a RP após dois anos de aplicação de 200 m³ ha⁻¹ e 400 m³ ha⁻¹ em Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, entre as camadas de 0 a 0,60 m.

Atributos físicos do solo podem sofrer alterações pelas práticas de manejo e pela aplicação de DLS, destacando-se a densidade, o arranjo e o volume dos poros (Arruda et al., 2010; Comin et al., 2013). Essas alterações influenciam nos atributos físico-hídricos, dentre elas a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a RP (Beutler et al., 2006). A incorporação de dejetos animais ou outros materiais orgânicos em condições adequadas de umidade, pode promover efeitos benéficos nos atributos físicos do solo, tais como aumento da microporosidade e retenção de água. Barilli (2005) não observou aumento na porosidade total com aplicação de DLS, independente do período analisado; já Pagliai & Antisari (1993) constataram aumento na porosidade total do solo após a aplicação de resíduos suínos.

O principal atributo físico do solo afetado pelo uso de fertilizantes orgânicos é a agregação, a partir do seu efeito sobre a agregação do solo, sendo indiretamente afetados outros atributos físicos do solo, como a densidade, a porosidade, a aeração, a capacidade de retenção e a infiltração de água, entre outras, fundamentais à capacidade produtiva do solo (Brancação & Moraes, 2008). Castro Filho et al. (2003) verificaram melhoria na agregação do solo com a aplicação de doses crescentes de DLS até a taxa de 140 m³ ha⁻¹. As alterações em atributos estruturais podem ocorrer de forma mais lenta, caso o solo possua, originalmente, uma boa estrutura e, desta forma, o incremento na agregação, devido à adição de compostos orgânicos e ao possível incremento da atividade biológica, pode ser menos evidente (Mello et al., 2004).

Propôs-se, neste trabalho, avaliar a influência de aplicações de DLS nos atributos físico-hídrico-mecânicos do solo cultivados com pastagem perene.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar (EPAGRI/CEPAF) em

Chapecó, na região Oeste de Santa Catarina, no ano de 2007. O solo possui teor médio de argila de 0,630 g kg⁻¹ na camada de 0-0,30 m, classificado como Latossolo Vermelho distroférico. Em 2003 foi realizado, após a colheita do milho, o plantio de mudas de grama-missioneira-gigante (*Axonopus jesuiticus* x *A. scoparius*) no período de pastejo e a presença de invasoras foi controlada manualmente enquanto a adubação foi realizada conforme recomendação da SBCS (2004); a pastagem foi utilizada a cada 35 dias por no máximo dois dias em cada ciclo de pastejo até a implantação do experimento. Em junho de 2007, com o objetivo de uniformizar a pastagem com vista de implementar o experimento, foram realizadas uma roçada e a análise do solo, mas não foram necessárias calagem nem adubação de correção na área.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com cinco repetições. Cada bloco apresentava seis parcelas de 30 m². Os tratamentos foram seis doses de DLS (0, 48, 96, 144, 192 e 240 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) e seis camadas (0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20, 0,20-0,25, 0,25-0,30 m). As doses de DLS foram fracionadas em quatro aplicações anuais, pelo período de quatro anos, perfazendo o total de 16 aplicações manuais e definidas visando fornecer distintas doses de Nitrogênio para a pastagem. O teor médio de matéria seca (MS) dos DLS utilizados no experimento foi de 1,72% (Miranda, 2010).

Amostras com estrutura preservada foram coletadas com o auxílio de um amostrador do tipo “Uhland”, utilizando-se cilindros de aço inoxidável com 0,05 m de diâmetro e 0,05 m de altura. Determinaram-se a densidade do solo (Ds), a resistência mecânica do solo à penetração (RP), a permeabilidade do solo ao ar, a porosidade e a distribuição do diâmetro dos poros. Nas mesmas camadas foram coletadas amostras com estrutura não preservada para a determinação da matéria orgânica (MO), análise granulométrica, argila dispersa em água (ADA), índice de floculação (IF) e a estabilidade dos agregados do solo em água.

Os teores de matéria orgânica (MO) foram determinados com ação oxidante do dicromato de sódio e do ácido sulfúrico (Tedesco et al., 1995). A análise granulométrica e a argila dispersa em água (ADA) foram realizadas pelo método da pipeta calculando-se o índice de floculação (IF) e a densidade do solo. A densidade máxima do solo (D_{max}) foi determinada a partir da equação de Marcolin & Klein (2011) cujas variáveis foram o teor de MO e o teor de argila. Todas as análises físicas foram realizadas através e da metodologia descrita em Klein (2014). As amostras foram submetidas às tensões de 1, 2, 4, 6, 8, 10, 14 utilizando funis de placas porosas e para as tensões de 100 e 300 kPa as Câmaras de Richards. Após atingir o equilíbrio no potencial de 300 kPa foi determinada a resistência mecânica do solo à penetração (RP) utilizando um penetrômetro eletrônico, equipado com cone de 4 mm de diâmetro e semiângulo de 30° (Klein, 2014).

Para a classificação dos poros em função do seu diâmetro foram utilizados, para macroporos, poros com diâmetro maior que 0,05 mm, determinados na tensão de 6 kPa; os crioporos a partir de 1500 kPa e os microporos (poros com diâmetro entre

0,05 e 0,0002 mm) obtidos pela diferença entre as tensões de 6 e 1500 kPa (Klein, 2014).

A permeabilidade do ar das amostras de solo com estrutura preservada foi determinada, depois de equilibrada a umidade na tensão de 300 kPa, por meio de permeâmetro de carga decrescente (Silva et al., 2009) através de dois sistemas de aquisição de dados: um sistema eletrônico automatizado composto por um transdutor de pressão conectado a um datalogger e um sistema composto de um manômetro digital para registro do decréscimo de pressão.

A estabilidade dos agregados do solo em água foi determinada com a utilização de peneira oscilatória e peneiras com malha de 4,75; 2,00; 1,00 e 0,212 mm, acondicionadas dentro da água, oscilando verticalmente durante 5 min na frequência de 32 oscilações por minuto, em que somente a água atuará sobre as amostras (Klein, 2014).

Os resultados dos atributos físico-hídrico-mecânicos do solo foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de matéria orgânica (Tabela 1) não apresentaram diferença significativa entre as doses. Na média das camadas analisadas observa-se um decréscimo do teor; em função da profundidade, houve interação entre doses e camadas e o teor de MO foi decrescendo em profundidade, em todas as doses utilizadas.

O aumento do teor MO da camada de 0-0,05 m e a diminuição em função da profundidade, são características inerentes aos solos, pelo maior aporte de material orgânico na camada superficial devido à presença dos restos culturais da vegetação e do sistema radicular das plantas. As diferentes

doses não aumentaram o teor de matéria orgânica do solo, diversos fatores podem ter contribuído para este resultado destacando-se o baixo teor de matéria seca presente no DLS aplicado. A média de MS verificada nos dejetos aplicados foi de 1,72%, valor muito abaixo do padrão de 6% apresentado por um dejetos líquido com boa qualidade do fertilizante sugerido por (Scherer et al., 2010). Outro ponto a ser considerado é a exportação de massa seca da grama missioneira ocasionada pelos cortes realizados para avaliação da produção de MS em estudo desenvolvido por Miranda (2010). A testemunha (dose 0) possuía teores elevados de matéria orgânica, o que torna mais difícil sua elevação. Em solos degradados a aplicação de dejetos promove um incremento nos teores de MO que pode ser observado mais rapidamente. Scherer et al. (2010) realizaram estudos, nos quais a aplicação de DLS também não aumentou os teores de MO do solo.

A argila dispersa em água (ADA) não foi influenciada pelas doses de DLS aplicadas. Na média das camadas analisadas percebe-se aumento na quantidade da ADA com a profundidade em virtude da redução no teor de MO (Tabela 2).

A floculação é a primeira fase para a formação e estabilização dos agregados. O índice de floculação (IF) não foi influenciado pelas doses de DLS aplicados (Tabela 3). Observa-se, na camada 0-0,05 m, aumento do IF quando comparado com as demais camadas (Tabela 2). Maior IF na camada superficial está relacionado ao também maior teor de MO. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2000) visto que a MO age como condicionador do solo mediante sua complexa e longa cadeia de carbono agregando partículas minerais.

A relação entre a MO e o IF se confirma na Figura 1, a qual mostra ser possível estabelecer uma relação em que 62% do IF podem ser atribuídos à MO.

Tabela 1. Teor de matéria orgânica em Latossolo Vermelho após quatro anos de aplicação de doses crescentes de dejetos líquido de suínos em pastagem

Camadas m	Doses (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)						Média
	0	48	96	144	192	240	
	(g kg ⁻¹)						
0-0,05	47,1 bA	49,4 bA	51,8 abA	53,0 abA	51,6 abA	58,1 aA	51,8 a
0,05-0,10	35,8 aB	36,8 aB	36,1 aB	37,3 aB	39,2 aB	39,2 aB	37,4 b
0,10-0,15	33,9 aBC	33,3 aBC	31,8 aBC	33,6 aBC	32,4 aC	33,9 aBC	33,1 c
0,15-0,20	31,8 aBC	31,8 aBC	30,9 aBC	30,2 aC	29,5 aCD	32,2 aCD	31,1 cd
0,20-0,25	29,0 aC	30,3 aC	29,2 aC	28,7 aC	27,0 aCD	29,2 aCD	28,9 de
0,25-0,30	28,6 aC	29,2 aC	28,4 aC	28,0 aC	24,8 aD	26,6 aD	27,6 e
Média	34,4 ^{ns}	35,1	34,7	35,1	34,1	36,5	
	C.V. Doses (%): 18,40			C.V. Camadas (%): 9,32			

Médias seguidas pela mesma letra na minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

Tabela 2. Argila dispersa em água e índice de floculação de camadas de um Latossolo Vermelho, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquido de suínos

Camadas (m)						CV (%)
0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	0,25-0,30	
Argila dispersa em água (%)						
34,1 c	42,5 b	45,5 a	45,9 a	46,5 a	46,8 a	6,67
Índice de floculação (%)						
44,2 a	38,9 b	36,4 b	37,2 b	37,2 b	37,3 b	10,42

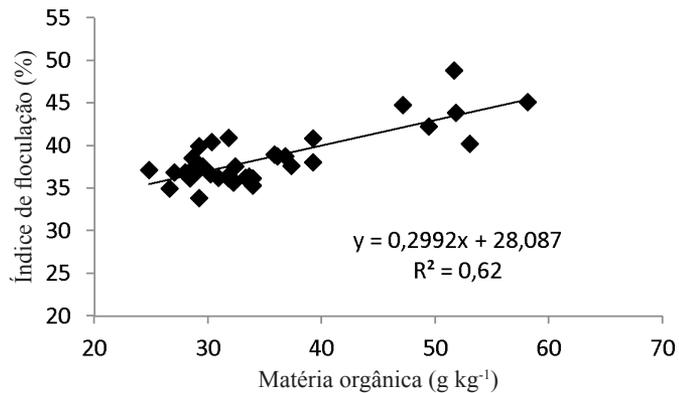
Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

Tabela 3. Argila dispersa em água e índice de floculação em função da aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos, por quatro anos

	Doses (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)					CV (%)	
	0	48	96	144	192		240
ADA# (%)	43,4 ^{ns}	43,2	43,4	44,2	43,2	44,1	13,06
IF# (%)	38,7 ^{ns}	39,8	38,2	37,6	39,8	37,2	21,50

^{ns}: não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

ADA- Argila dispersa em água, IF - índice de floculação

**Figura 1.** Índice de floculação em função do teor de matéria orgânica do solo

A Ds não foi influenciada pelas doses de DLS (Tabela 5). Na média das camadas ocorreu redução da Ds na camada 0-0,05 m (Tabela 4). Dortzbach (2009) também não observaram influência da aplicação de DLS sobre a Ds. Os baixos valores da Ds podem, em todas as camadas, estar associados à contribuição do DLS para o desenvolvimento radicular da grama missioneira, agregando MO e proporcionando maior atividade biológica. Referidas condições resultam numa estruturação melhor do solo e, conseqüentemente, reduzem a Ds e aumentam a porosidade total do solo. Outro fator passível de ter contribuído para os baixos valores da Ds, foi a uniformização da área antes da implantação do experimento, consistindo de aração e gradagem.

A Dsmax não foi influenciada pelas doses de DLS (Tabela 5). Na média ponderada das camadas observa-se um aumento na camada 0-0,05 m (Tabela 4). Talvez haja a necessidade de uma equação específica para avaliar a Dsmax para a camada 0-0,05 m, em função das características muito distintas das demais

Tabela 4. Densidade do solo, densidade máxima do solo, densidade relativa, resistência mecânica do solo à penetração, permeabilidade do solo ao ar de camadas de um Latossolo Vermelho, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos

Camadas (m)						CV (%)
0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	0,25-0,30	
Densidade do solo (Mg m ⁻³)						6,38
1,03 b	1,12 a	1,13 a	1,11 a	1,13 a	1,11 a	
Densidade máxima do solo (Mg m ⁻³)						1,98
1,40 a	1,38 b	1,37 b	1,37 b	1,38 b	1,37 b	
Densidade relativa (adimensional)						6,46
0,73 b	0,81 a	0,82 a	0,80 a	0,82 a	0,80	
Resistência mecânica do solo à penetração (MPa)						24,51
2,13 c	2,86 a	2,95 a	2,71 ab	2,64 ab	2,31 bc	

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

camadas do perfil, embora a equação de Marcolin & Klein (2011) tenha sido obtida com amostras de camadas de 0 a 0,30 m de Latossolos, mesmo solo deste experimento.

A densidade relativa não foi influenciada pelas doses de DLS (Tabela 5). Na média das camadas observa-se redução na camada 0-0,05 m (Tabela 4). Os valores obtidos de DR não são considerados impeditivos ao desenvolvimento das culturas. Conforme Reinert et al. (2008) valores de DR de 0,80 a 0,90 não são indicativos de solos compactados e valores de DR < 0,80 são considerados um indicativo de solo solto com alta porosidade de aeração o que ocorreu na camada de 0-0,05 m. A DR é independente da textura do solo uma vez que a densidade máxima do solo irá variar de acordo com a textura, ou seja, a importância do estudo deste atributo para quantificar a qualidade do solo.

As doses crescentes de DLS não influenciaram a resistência mecânica à penetração (Tabela 5) determinada na condição na qual as amostras se encontravam em equilíbrio na tensão de 300 kPa. Nesta condição percebe-se, na média das camadas (Tabela 4) menor RP na camada 0-0,05 m, não diferindo da última camada, fato explicado pela menor Ds, maior macroporosidade e pelo maior teor de MO (Tabela 1), o qual apresenta propriedade cimentante.

Analisando os valores obtidos para RP, conclui-se serem considerados altos, causando efeitos restritivos ao crescimento

Tabela 5. Densidade do solo, densidade máxima do solo, densidade relativa, resistência mecânica do solo à penetração, permeabilidade do solo ao ar de camadas de um Latossolo Vermelho distroférico, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos

	Doses (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)					CV (%)
	0	48	96	144	192	
Densidade do solo (Mg m ⁻³)						
1,11 ^{ns}	1,11	1,10	1,08	1,12	1,11	8,14
Densidade máxima do solo (Mg m ⁻³)						
1,38 ^{ns}	1,37	1,39	1,38	1,37	1,38	2,79
Densidade relativa (adimensional)						
0,80 ^{ns}	0,80	0,79	0,78	0,81	0,80	7,34
Resistência mecânica do solo à penetração (MPa)						
2,47 ^{ns}	2,81	2,50	2,50	2,75	2,57	25,83

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro. ^{ns}: não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

do sistema radicial das plantas, como destacado por alguns pesquisadores que afirmam que a RP limitante ao crescimento radicial é de 2 MPa (Beutler et al., 2006) enquanto Grant & Lafond (1993) afirmam que a faixa restritiva se situa entre 1,5 e 3,0 MPa porém a RP foi medida com umidade na tensão de 300 kPa, umidade inferior à da capacidade de campo. Resultados semelhantes foram obtidos nos estudos realizados por Moura et al. (2012) ao observar que o uso de DLS não influenciou na RP, após dois anos utilizando doses de 200 e 400 m³ ha⁻¹ em Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa.

A porosidade total do solo não foi influenciada pelas doses aplicadas e camadas analisadas. Os valores da porosidade total são considerados altos, variando de 0,58 a 0,60 m³ m⁻³ na média das doses e camadas (Tabelas 6 e 7). Em todas as doses e camadas a porosidade total foi superior a 50%, valor considerado ideal para o desenvolvimento das plantas (Kiehl, 1979). Barilli (2005) também não observou aumento na porosidade total com a aplicação de DLS em Latossolo Vermelho distroférico, após três, sete e vinte e seis anos de aplicação. Arruda et al. (2010) avaliaram o efeito da aplicação de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ de DLS em Latossolo Vermelho distroférico e constataram que as doses aplicadas não alteraram o volume de macroporos, microporos nem de porosidade total. Por outro lado, Comin et al. (2013) avaliaram o efeito da aplicação de DLS por oito anos e constataram aumento da agregação e estabilidade dos agregados nas camadas de 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m e macroporosidade nas camadas de 0-0,05 e 0,15-0,20 m.

Não foram encontradas diferenças na macroporosidade para as doses de DLS e camadas analisadas (Tabelas 6 e 7). Considerando que os macroporos são a rota principal de movimento da água e ar no solo, observa-se que os valores observados estão acima do nível crítico de 0,10 m³ m⁻³ estabelecido por Reynolds et al. (2002).

A microporosidade não foi influenciada pelas doses de DLS aplicadas (Tabela 7). Na média das camadas observa-se redução na microporosidade conforme aumenta a profundidade (Tabela 6). Jorge et al. (1991) não encontraram diferença na microporosidade após quatro anos de aplicação de lodo de esgoto enquanto Segnfredo (1998) constatou diminuição na microporosidade do solo após três anos de aplicação de DLS.

Em virtude do tamanho reduzido dos microporos, a água circula lentamente pela ação das forças capilares, sendo

Tabela 7. Porosidade total, volume de macroporos, microporos, criptoporos e permeabilidade do solo ao ar de camadas de um Latossolo Vermelho, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos

		Doses (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)					CV (%)
0	48	96	144	192	240		
Porosidade total (m ³ m ⁻³)							
0,58 ^{ns}	0,58	0,59	0,60	0,58	0,58	6,75	
Macroporos (m ³ m ⁻³)							
0,10 ^{ns}	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	52,84	
Microporos (m ³ m ⁻³)							
0,23 ^{ns}	0,20	0,22	0,22	0,20	0,20	19,60	
Criptoporos (m ³ m ⁻³)							
0,24 ^{ns}	0,25	0,24	0,24	0,25	0,24	8,22	
Permeabilidade do solo ao ar (μm ²)							
625,30 a	223,60 b	226,40 b	254,00 b	203,50 b	222,00 b	80,52	

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro; ^{ns}Não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

responsáveis pela retenção e distribuição da água no solo. A água armazenada nos microporos está acima da capacidade de armazenamento sugerida por Reynolds et al. (2002) que se situa entre 0,15 a 0,20 m³ m⁻³, evento que se deve à excelente qualidade estrutural deste solo.

O volume de criptoporos não apresentou diferença significativa entre as doses (Tabela 7). O volume de criptoporos é menor na camada 0-0,05 m (0,202 m³ m⁻³) comparando com todas as demais camadas (Tabela 6). Considerando que os criptoporos são os poros com diâmetro inferior a 0,0002 mm, pode-se observar que na camada de 0-0,05 m aproximadamente 43% da água retida no solo estão indisponíveis às plantas enquanto na camada 0,25-0,30 m este valor é de até 57%, característica esta de solos argilosos em função da presença dos microagregados que armazenam água em seu interior, tornando-a indisponível.

A permeabilidade do solo ao ar, das amostras com umidade estabilizada na tensão de 300 kPa, foi maior na camada 0-0,05 m, variando de 625,3 μm² nesta camada a 222,0 μm² na camada de 0,25-0,30 m (Tabela 6). As diferentes doses de DLS aplicadas não afetaram a continuidade dos poros. Os valores de permeabilidade ao ar (K_a) encontrados na camada 0-0,05 m se devem à qualidade estrutural deste solo e à presença de maior número de canais condutores. A redução da K_a Com o aumento da profundidade, (Tabela 7) a redução da K₂ é devida

Tabela 6. Porosidade total, volume de macroporos, microporos, criptoporos e permeabilidade do solo ao ar de camadas de um Latossolo Vermelho, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos

		Camadas (m)				CV (%)
0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	0,25-0,30	
Porosidade total (m ³ m ⁻³)						
0,60 ^{ns}	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	4,92
Macroporos (m ³ m ⁻³)						
0,13 ^{ns}	0,12	0,12	0,12	0,10	0,12	35,08
Microporos (m ³ m ⁻³)						
0,26 a	0,20 b	0,20 b	0,20 b	0,21 b	0,20 b	15,14
Criptoporos (m ³ m ⁻³)						
0,20 b	0,24 a	0,25 a	0,25 a	0,26 a	0,26 a	7,48
Permeabilidade do solo ao ar (μm ²)						
319,40 ^{ns}	287,2	305,4	301,50	229,10	312,40	65,22

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro; ^{ns}Não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

Tabela 8. Diâmetro médio geométrico, índice de estabilidade de agregados estáveis em água de camadas de um Latossolo Vermelho, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos

Camadas (m)						CV (%)
0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,25	0,25-0,30	
Diâmetro médio geométrico (mm)						
1,99 a	1,79 b	1,65 c	1,51 d	1,42 e	1,33 f	6,59
Índice da estabilidade dos agregados (%)						
99,20 a	98,60 ab	98,80 ab	98,60 ab	98,30 b	98,10 b	0,92

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro; ^{ns}Não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

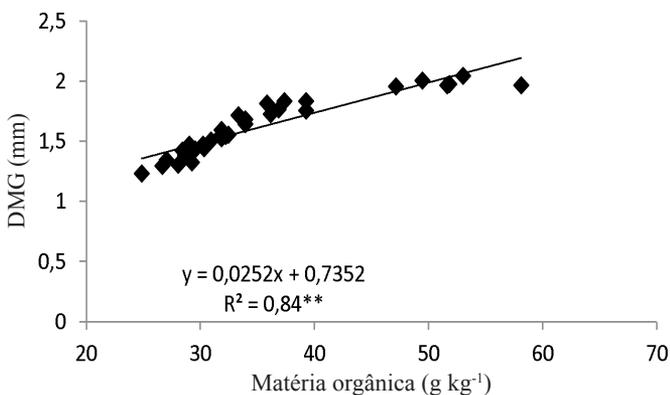
à redução da quantidade de poros maiores e da continuidade de poros no solo. Para Silva et al. (2009) a permeabilidade é dependente do conteúdo de água e da densidade, de vez que influenciam diretamente a geometria e continuidade do sistema poroso do solo.

O diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados estáveis em água (Tabela 9) não apresentou diferença significativa para as doses, demonstrando que a agregação do solo não foi influenciada pelas doses de DLS. Quando se analisa a média das camadas verifica-se redução do DMG conforme o aumento da profundidade para todas as camadas (Tabela 8). Pode-se observar que este Latossolo apresentou altos valores de DMG, mesmo na testemunha (dose 0) sinalizando que o solo, na sua condição sem adição de DLS, já apresentava uma boa qualidade estrutural. Os índices de agregação na camada 0-0,05 m foram superiores em relação às camadas 0,20-0,25 e 0,25-0,30 m (Tabela 8). Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados

Tabela 9. Diâmetro médio geométrico, índice de estabilidade de agregados estáveis em água de camadas de um Latossolo Vermelho distroférico, após quatro anos de aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos

0	Doses (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				CV (%)
	48	96	144	240	
Diâmetro médio geométrico (mm)					
1,65 ^{ns}	1,64	1,62	1,63	1,55	1,62
Índice da estabilidade dos agregados (%)					
98,80 ^{ns}	98,60	98,70	98,40	98,50	98,60

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade de erro; ^{ns}Não significativo a 0,05 de probabilidade de erro

**Figura 2.** Diâmetro médio geométrico (DMG) em função do teor de matéria orgânica do solo em camadas de um Latossolo Vermelho, após quatro anos de aplicação de doses de DLS

solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo haja vista que a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantir a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados. A relação entre a matéria orgânica e agregação, é confirmada na Figura 2, a qual mostra que foi possível estabelecer uma relação já consagrada entre o DMG e a MO do solo.

CONCLUSÃO

Após quatro anos de aplicação de até 240 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos de suínos com teor médio de matéria seca de 1,72%, não houve alterações no teor de matéria orgânica nem nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob cultivo de pastagem perene de Missioneira Gigante (*Axonopus* sp.).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq Edital MCT/CNPq-Agro n° 43/2008, à Fapergs Edital Procoredes VIII, projeto 11/3391-5 e à FUIPE, pelos recursos financeiros disponibilizados em prol da execução desta pesquisa, e ao CNPq, pela Bolsa Produtividade em Pesquisa; enfim, à EPAGRI, pela oportunidade da realização deste estudo, tão importante para a região.

LITERATURA CITADA

- Adeli, A.; Varco, J. J.; Sistani, K. R.; Rowe, D.E. Effects of swine lagoon effluent relative to commercial fertilizer application on warm-season forage nutritive value. *Agronomy Journal*, v.97, p.408-417, 2005.
- Arruda, C. A. O.; Alves, M. V.; Mafra, A. L.; Cassol, P. C.; Albuquerque, J. A.; Santos, J. C. P. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.804-809, 2010.
- Barilli, J. Atributos de um latossolo vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. Botucatu: UNESP, 2005, 120p. Tese Doutorado
- Beutler, A. N.; Centurion, J. F.; Centurion, M. A. P. C.; Silva, A. P. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.787-794, 2006.
- Brancalhão, S. R.; Moraes, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milho-soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.393-404, 2008.

- Castro Filho, C.; Costa, M. A. T.; Caviglione, J. H. Potencial fertilizante e alterações físicas nos solos decorrentes da utilização do chorume suíno. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 19, 2003, Ribeirão Preto. Anais...Ribeirão Preto: SBCS, UNESP, 2003. CD-Rom
- Comin, J. J.; Loss, A.; Veiga, M.; Guardini, R.; Schmitt, D. E.; Oliveira, P. A. V.; Belli Filho, P.; Couto, R. da R.; Benedet, L.; Muller Júnior, V.; Brunetto, G. Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. *Soil Research*, v.51, p.459-470, 2013.
- Dortzbach, D. Dinâmica de atributos físicos e químicos em solo sob plantio direto adubado com dejetos suínos e uréia. Florianópolis: UFSC, 2009. 127p. Dissertação Mestrado
- Freddi, O. S.; Centurion, J. F.; Beutler, A. N.; Aratani, R. G.; Leonel, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.627-636, 2007.
- Grant, C. A.; Lafond, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Canadian Journal Soil Science*, v.73, p.223-232. 1993.
- Homem, B. G. C.; Almeida Neto, O. B.; Santiago, A. M. F.; Souza, G. H. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatórios de animais. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, p.89-98, 2012.
- Jorge, J. A.; Camargo, O. A.; Valadares, J. M. A. S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, p.237-240, 1991.
- Kiehl, J. E. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p
- Klein, V. A. Física do solo. 3.ed. Passo Fundo: EDIUPF. 2014. 263p.
- Lourenzi, C. R. Atributos químicos após dezoito aplicações de dejetos líquidos de suínos em argissolo sob plantio direto. Santa Maria: UFSM, 2010. 55p. Dissertação Mestrado
- Marcolin, C. D. ; Klein, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.3, p.349-354, 2011.
- Mello, V. P.; Beutler, A. N.; Souza, Z. M.; Centurion, J. F.; Melo, W. J. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.67-72. 2004.
- Miranda, M. Desempenho agrônômico da grama-missioneira-gigante em Latossolo com uso de dejetos líquidos de suíno. Passo Fundo: UPF, 2010. 111p. Tese Doutorado
- Moura, J. B.; Marasca, I.; Meneses, L. A. S.; Pires, W. M.; Medeiros, L. C. Resistência a penetração do solo em pastagem cultivada com *Brachiaria decumbens* sob aplicação de dejetos líquidos suínos e cama de frango. *Science. Technology*, v.5, p.162-169, 2012.
- Pagliai, M.; Antisari, L. V. Influência dos restos de matéria orgânica nas macro e microestruturas do solo. *Bioresource Technology*, v.43, p.205-213, 1993.
- Reinert, D. J.; Albuquerque, J. A.; Reichert, J. M.; Aita, C.; Andrade, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1805-1816, 2008.
- Reynolds, W. D.; Bowman, B. T.; Drury, C. F.; Tan, C. S.; Lu, X. Indicators of good soil physical quality: Density and storage parameters. *Geoderma*, v.110, p.131-146, 2002.
- SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Porto Alegre: SBCS, 2004. 401p.
- Scherer, E. E.; Nesi, C. N.; Massotti, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.1375-1383, 2010.
- Seganfredo, M. A. Efeito de dejetos líquidos de suínos sobre algumas características físicas do solo. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2, 1998, Santa Maria. Anais...Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. CD-Rom
- Sharples, A. N.; McDowell, R. W.; Kleinman, P. J. A. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. *Soil Science Society of America Journal*, v.68, p.2048-2057, 2004.
- Silva, A. P.; Leão, T. P.; Tormena, C. A.; Gonçalves, A. C. A. Determinação da permeabilidade ao ar em amostras indeformadas de solo pelo método da pressão decrescente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1535-1545, 2009.
- Silva, V. R.; Reichert, J. M.; Reinert, D. J. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.4, p.239- 249, 2000.
- Tedesco, M. J. Análise de solo, plantas e outros minerais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.