

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM LATOSSOLO APÓS APLICAÇÕES DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS

Felipe Bonini da Luz¹, Cícero Ortigara¹, Carlos Augusto Bonini Pires¹, André Somavilla², Moacir Tuzzin de Moraes³ e Vanderlei Rodrigues da Silva¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Campus de Frederico Westphalen. Linha 7 de Setembro, s/n BR 386 Km 40, CEP: 98400-000, Frederico Westphalen, RS. E-mail: fe_bonini.luz@hotmail.com, ciceroortigara@hotmail.com, carlos.boninipires@hotmail.com, Vanderlei@ufsm.br.

² Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Departamento de Solos. Avenida Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: andre.s.1992@hotmail.com.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Departamento de Solos. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: moacir.tuzzin@gmail.com.

RESUMO: *A aplicação contínua ou sucessivas aplicações de dejetos líquidos de suínos (DLS) como fertilizante em áreas agrícolas pode modificar os atributos químicos e a estabilidade estrutural do solo, entretanto existe a necessidade de ajustes nas recomendações para que a qualidade do solo seja crescente. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho manejado em sistema plantio direto após aplicações de DLS contrastando-a com à utilização de adubação mineral. Foram utilizadas cinco doses de DLS ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e um tratamento com adubação mineral sendo as avaliações realizadas após dois cultivos. Os teores disponíveis de Fosforo, Enxofre e Zinco apresentaram aumento significativo após a aplicação de DLS, sendo que os demais atributos químicos avaliados não apresentaram alterações significativas em suas concentrações disponíveis no solo. Após duas aplicações de DLS em dois cultivos subsequentes não foi possível verificar alterações nos atributos físicos do solo.*

PALAVRAS- CHAVE: *Adubação orgânica, Sistema Plantio Direto, Adubação mineral.*

CHIMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF AN OXISOL AFTER SWINE RESIDUE APPLICATION

ABSTRACT: *Continuous application or successive applications of swine residue (SR) as fertilizer in agricultural areas can modify the chemical properties and soil structural stability, however there is a need for adjustments in recommendations for soil quality is growing. The objective of this study was to evaluate changes in physical and chemical attributes of a Rhodic Hapludox in no-tillage after applications of SR contrasting it with the use of mineral fertilizer. Five doses of SR were used ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ and $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) and a treatment with mineral fertilizer and evaluations carried out after two crops. The levels of available phosphorus, sulfur and zinc showed a significant increase after application of SR, and the other evaluated chemical attributes showed no significant changes in their concentrations available in the soil. After two applications of SR in two subsequent crops could not verify changes in soil physical properties.*

KEY WORDS: *Organic fertilization, no- tillage, mineral fertilization.*

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do sul é o estado que possui o segundo maior rebanho suinícola do Brasil, com cerca de 7,73 milhões de cabeças (ACSURS, 2013), permanecendo atrás apenas do estado de Santa Catarina. Com isso, o destino adequado de grandes quantidades de dejetos produzidas nas unidades de confinamento tornou-se um desafio para a comunidade científica e produtores rurais (Arruda et al., 2010, Seganfredo, 2007).

Segundo Anami et al. (2008), os dejetos de suínos podem constituir fertilizantes eficientes, aumentando o rendimento das culturas e reduzindo a aplicação de fertilizantes químicos, além de crescer nas condições físico-químicas do solo. Para Scherer et al. (2010) a aplicação continuada ou sucessivas aplicações de dejetos de suínos como fertilizante em áreas agrícolas pode modificar os atributos químicos do solo, proporcionando maior acúmulo de nutrientes como o fósforo (P) e o potássio (K), entre outros.

Ferreira (2010) destaca que solos bem estruturados oferecem melhores condições para o desenvolvimento das plantas e que a persistência desta estrutura opõe-se a degradação do solo. Desta forma, sua estrutura pode ser avaliada através da densidade do solo, porosidade do solo e estabilidade de agregados. A aplicação de dejetos de animais pode alterar a condição estrutural do solo, alterando o tamanho e a continuidade de poros, o diâmetro médio de partículas, mantendo a qualidade física do solo. (Arruda et al., 2010).

Por outro lado, a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) tem despertado interesse na comunidade científica devido ao seu potencial poluidor principalmente sobre os recursos hídricos (Berwanger et al., 2008, Seidel et al., 2009), podendo resultar em contaminação do ambiente devido a presença de metais pesados e coliformes, principalmente quando aplicados em níveis excessivos (Smahotto et al., 2010).

A aplicação do DLS em solos agricultáveis é uma alternativa de reciclagem dos dejetos que servem como fonte de adubação orgânica, a qual pode substituir os adubos minerais, sendo que o conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo, a partir da superfície, é fundamental para estabelecer ajustes na recomendação de adubos e corretivos, principalmente no sistema plantio direto (SPD), exigindo, nas regiões onde o sistema intensivo de criação de suínos confinados origina grandes quantidades de DLS, estudos quanto a destinação final destes resíduos (Basso, 2003; Scherer et al, 2007).

A concentração de nutrientes do DLS está relacionada com o desperdício de água nos sistemas de confinamento, com a dieta fornecida, com a idade dos animais e, pela forma de armazenamento e manuseio do dejetos. Porém, devido à baixa concentração de nutrientes, é necessário aplicar na lavoura volumes maiores do que os fertilizantes minerais para suprir a

mesma quantidade de nutrientes, pressupondo-se ainda que parte dos nutrientes esteja na forma orgânica, necessitando ser aplicado anteriormente à semeadura da cultura para que os nutrientes sejam mineralizados para então tornarem-se disponíveis às plantas. Todavia, os dejetos líquidos apresentam maior quantidade de nutrientes prontamente disponíveis às plantas em relação aos dejetos sólidos. Estes apresentam maior relação C/N e menores quantidades de nutrientes na forma mineral. Entretanto, a racionalização bem como o critério de manejo se faz necessário para minimizar o impacto sobre o ambiente e viabilizar economicamente a utilização deste resíduo na adubação das culturas (Basso, 2003; Pandolfo, 2008).

Neste trabalho objetivou-se avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho manejado em SPD após aplicações de DLS contrastando-a com a utilização de adubação mineral.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 2011 à 2012 na área experimental do Curso de Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* de Frederico Westphalen – RS, latitude de 27°23' S, longitude 53°25' W e altitude de 490 m, em um Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Santos et al., 2013), de textura argilosa. O clima da região, conforme a classificação de Koppen é considerado subtropical úmido, sem estiagens, tipo “Cfa” e a temperatura média anual varia entre 17° e 18°C, com precipitação média anual de 1.185 a 1.364 mm.

O solo, antes da implantação do experimento, apresentava na camada de 0-10 cm, os seguintes atributos físicos e químicos: argila - 650 g dm⁻³; matéria orgânica - 3,2%; pH em água - 5,1; índice SMP - 6,2; P disponível - 7,6 mg dm⁻³; (Mehlich-1); K trocável - 280 mg dm⁻³ (Mehlich-1); Al trocável - 0,2 cmol_c dm⁻³; Ca trocável - 5,5 cmol_c dm⁻³; Mg trocável - 1,6 cmol_c dm⁻³; S - 11,1 mg dm⁻³; Cu - 5,8 mg dm⁻³; Zn - 1,8 mg dm⁻³; H+Al³⁺ - 3,5 Cmol_c dm⁻³; CTC efetiva - 8 Cmol_c dm⁻³; CTC potencial - 11,5 Cmol_c dm⁻³; saturação por Al - 2%; e saturação por bases de 69%.

O experimento foi conduzido em dois cultivos em uma área sob SPD cultivada com sucessão de trigo no inverno e milho no verão. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados (DBC) com seis tratamentos e três repetições em parcelas com área de 8 m² (2,5 x 3,2 m). Os tratamentos constituíram-se de níveis de 0, 25, 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹ de DLS, além de um tratamento com adubação mineral com aplicação de nitrogênio,

fósforo e potássio (NPK), conforme recomendação da CQFS-RS/SC (2004) apresentados na Tabela 1.

A aplicação do DLS ocorreu manualmente em cada parcela antecedendo o cultivo de inverno (trigo) e o cultivo de verão subsequente (milho). Obteve-se o teor de nutrientes do DLS através da leitura da densidade, tendo o dejetos apresentado densidade de 1.013 kg m^{-3} , correspondendo segundo Scherer et al. (1995) a 2,32 % de MS; $2,37 \text{ kg m}^{-3}$ de N; $1,90 \text{ kg m}^{-3}$ de P_2O_5 e $1,31 \text{ kg m}^{-3}$ de K_2O .

Após os dois cultivos, realizou-se a coleta de solo na camada de 0 a 10 cm para avaliação dos atributos químicos (pH do solo, CTC efetiva, índice SMP, teores disponíveis de P, K, enxofre (S) cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu) e zinco (Zn)).

Tabela1 - Teores médios dos níveis de nutrientes aplicados ao solo após os dois cultivos (milho e trigo). Frederico Westphalen, RS.

Tratamento	N	P_2O_5	K_2O
	-----Kg ha ⁻¹ -----		
0	0	0	0
25	118,5 ⁽¹⁾	65,5	95,0
50	237,0	131,0	190,0
75	355,5	196,5	285,0
100	474,0	262,0	380,0
NPK	190,0 ⁽²⁾	135,0	60,0

⁽¹⁾ Valores com base na massa seca do DLS descritos por Scherer et al. (1995). ⁽²⁾ Valores conforme a recomendação da CQFS-RS/SC (2004), para expectativa de rendimento de 6 t/ha de milho e 4 t/ha de trigo.

Amostras com estrutura preservada foram coletadas através de cilindros metálicos com volume aproximado de 90 cm^3 , os quais foram retirados nas camadas 0-5 e 5-10 cm e utilizados para as análises de densidade do solo e porosidade total. A resistência à penetração foi determinada em laboratório por meio de um penetrômetro estático de bancada equipado com ponteira cônica de 30° de ângulo sólido e 3 mm de diâmetro. Cada amostra foi colocada na base do suporte auxiliar do penetrômetro, onde as leituras foram realizadas em intervalos de 1 segundo, a medida que a haste penetra no anel, com velocidade de 10 mm min^{-1} . As leituras são encaminhadas a um microcomputador onde ocorre o processamento dos dados. Os pontos referentes à base inferior e superior dos anéis foram descartados, determinando uma leitura de resistência a penetração média da amostra. No momento desta leitura determinou-se umidade do solo.

Para a análise da distribuição do tamanho de agregados foram coletadas amostras na profundidade de 0-10 cm. O tamanho de agregados estáveis em água e a seco foi determinado

de acordo com a metodologia de Kemper & Chepil (1965), usando inicialmente agregados com tamanho de 4,76 a 8 mm. Utilizaram-se peneiras com diâmetro de malha 4,76; 2,0; 1,0; 0,21 mm, separando nas seguintes classes: C1 (8-4,76 mm), C2 (4,76-2,0 mm), C3 (2,0-1 mm), C4 (1-0,21 mm) e C5 (<0,21 mm).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F, $p < 0,05$), quando significativos, as médias foram comparadas por contrastes ortogonais, a 5 % de probabilidade de erro para os atributos químicos e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para os atributos físicos. Na realização das análises utilizou-se o software estatístico Statistical Analysis System –*SAS Learning Edition* (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após dois anos de aplicação de DLS foi possível verificar diferenças significativas entre os tratamentos para os atributos químicos do solo através da realização de contrastes ortogonais. O teor de P disponível sofreu aumento significativo com a aplicação de $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS quando comparado com a adubação mineral (NPK), observando $12,30 \text{ mg dm}^{-3}$ de P nesta dose (Tabela 2). As demais doses neste atributo não apresentaram diferenças através dos contrastes.

Berwanger et al. (2008) em ensaio realizado com aplicações sucessivas de 40 e $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS, apontou que estas doses provocaram incremento na fração de P disponível até a profundidade de 15 cm, indicando que a adição de P através de DLS em quantidade superior à exportada pelas culturas aumenta o teor de disponibilidade deste atributo, verificando assim, o DLS como adubo orgânico rico em fosfato. Resultados semelhantes foram verificados em um Latossolo Vermelho com aumentos significativos até a profundidade de 10 cm, após 4 anos de aplicação de DLS por Scherer et al (2007) e Oliveira et al. (2014) onde encontrou aumentos nos teores de P na superfície do solo após aplicação de DLS.

O aumento nos teores de P é intrínseco ao manejo do solo, pois no SPD a matéria orgânica do solo diminui a capacidade de adsorção e a energia de ligação do fosfato aos grupos funcionais dos coloides, bloqueando os sítios de adsorção de P no solo, tornando o prontamente disponível (Sibanda & Young, 1986).

Pode observar-se que a aplicação de $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS superficialmente gera um gradiente de concentração de P disponível, mesmo após poucas aplicações, se tornando em curto período benéfico para o crescimento e desenvolvimento das culturas. Konzen (2003) ao estudar o aproveitamento de DLS para fertirrigação e fertilização de grandes culturas, chegou

a resultados em que as maiores produtividades de grãos foram obtidas a partir de doses acima de $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Tabela 2 - Significância dos contrastes entre os macronutrientes do solo fósforo (P); Potássio (K); enxofre (S); cálcio (Ca) e magnésio (Mg), após aplicações de diferentes doses de dejetos líquidos de Suínos (DLS), Frederico Westphalen, RS.

Tratamento	P	K	S	Ca	Mg
	----- mg dm^{-3} -----			----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----	
0	6,6	198	4,37	6,03	3,53
25	8,23	260	6,3	6,77	3,8
50	10,13	212	6,4	7,37	3,8
75	12,37	221	7,83	7,27	3,77
100	9,67	213	7,5	6,7	3,4
NPK	6,1	231	5,8	6,07	3,5
	----- Contraste -----				
0 vs 25	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
0 vs 50	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
0 vs 75	Ns	Ns	*	Ns	Ns
0 vs 100	Ns	Ns	*	Ns	Ns
0 vs NPK	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 25	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 50	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 75	*	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 100	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

* Significativo pelo teste dos contrastes ortogonais, ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo.

A concentração de K não diferiu entre os contrastes (Tabela 2). Scherer et al. (2007) e Matos (2006) também não encontraram efeito significativo nos teores de K após aplicações de DLS. A alta concentração de K está relacionada ao material de origem e do grau de intemperismo do solo. Porém, Scherer et al. (2010) estratificando o K ao longo do perfil do solo, observou que há um acúmulo desse nutriente na superfície do solo em função da adição de DLS, ocorrendo tanto em solos sob cultivo de plantas anuais quanto sob plantas nativas. Os problemas com o K são inferiores aos observados com o P, em função de que o K originário de adubos orgânicos torna-se inteiramente disponível no primeiro cultivo por não fazer parte de nenhum composto orgânico que necessite de mineralização microbiana (CQFS-RS/SC, 2004).

Houve incremento significativo na concentração de S no solo quando comparado as doses de $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a ausência de adubação (Tabela 2). Cunha (2009) encontrou aumento linear na concentração de S com o aumento de dosagens de DLS. Representando desta maneira que este material possui alta concentração de S. Estes resultados corroboram com o encontrado por Menezes & Silva (2008), onde indicam que a adição de grandes

quantidades de matéria orgânica ao solo através de dejetos de animais favorece o incremento de S no solo.

Por outro lado, não houve diferença significativa para Ca e Mg (Tabela 2), segundo Abreu Jr. et al. (2001) o efeito de adubos orgânicos sobre os teores de Ca e Mg do solo podem variar em função da procedência, modo de produção do material, número de cultivos e das propriedades químicas iniciais do solo. Porém, Queiroz et al. (2004), encontraram diferenças significativas na concentração de Ca trocável alcançando $4,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com a aplicação de $19.180 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca contido no DLS em 16 semanas de experimento. Este mesmo autor constatou que os teores de Mg não possuem aumento significativo devido à extração pelas plantas em maior quantidade. Cereta et al. (2003), verificaram aumentos no teor de cálcio trocável na camada superficial do solo com doses de 20 e $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ao longo de quatro anos de aplicação. Sendo encontrado pelos mesmos autores aumentos significativos no teor de Mg com doses elevadas após os quatro anos de aplicação de DLS.

A adubação orgânica favoreceu incrementos no teor de Zn no solo (Tabela 3), neste sentido, indica que altas doses de DLS ($75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) podem causar elevações nestes teores no solo. Girotto (2007) observou acúmulo com diferença significativa para o Zn nas camadas superficiais do solo, após sete anos de aplicação de DLS. A maior ou a menor mobilidade dos metais pesados será determinada pelos atributos do solo, como teores e tipos de argila, pH, capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica, entre outros, que influenciarão nas reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução (Smanhotto et al., 2010)

O teor de Cu no solo não apresentou alterações em função da utilização de DLS (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Matias (2006) e Queiroz et al. (2004), onde se justifica que este mineral pode ser absorvido pelas culturas, e complexado pela matéria orgânica do solo, tornando-se menos disponível no solo. Matos et al. (1997) após aplicação de dose de até $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS não observou incrementos nos teores de Cu do solo. Porém, Girotto (2007) encontrou acúmulo significativo, na camada superficial, nos teores de Cu no solo após sete aplicações de DLS com doses de até $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Todavia, Cunha (2009), encontrou acúmulo significativo de Cu somente quando utilizado $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS.

Cu e Zn são metais pesados presentes no DLS que tem origem nas rações acrescidas de sais fornecidas aos suínos na alimentação. Muitas vezes excedendo o requerimento fisiológico do animal, sendo grande parte eliminada pelos DLS (Jondreville et al., 2003), justificando os resultados contrastantes da literatura, pois o teor destes metais pesados após a

sua aplicação no solo estão relacionada com a origem do DLS. Matias (2006) encontrou baixa relação entre o tempo de aplicação de DLS e o aumento nos teores de metais pesados no solo. Girotto (2007), após 17 aplicações de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ao longo de sete anos, encontrou maior acúmulo de Cu nas frações orgânicas e minerais do solo.

A tabela 3 também apresenta a significância dos contrastes para os fatores de acidez do solo (pH em água, Índice SMP e CTC potencial) e a porcentagem de matéria orgânica em cada tratamento, porém, estes atributos não foram alterados em função da utilização de DLS. Segundo Scherer et al. (2007), em condições de calagem, os fatores de acidez tendem a permanecer estáveis. Ceretta et al. (2003) não encontraram alterações no pH do solo com a aplicação de DLS em quatro anos de experimento. Todavia Queiroz et al. (2004), verificaram aumentos na acidez e CTC após aplicação de DLS, confirmando o enriquecimento do solo com a aplicação de DLS, causando aumento também no teor de MO.

Tabela 3 - Significância dos contrastes para os micronutrientes do solo zinco (Zn) e Cobre (Cu); pH em água, índice SMP, CTC efetiva e Matéria Orgânica (MO) após aplicações de diferentes doses de DLS. Frederico Westphalen, RS.

Tratamento	Zn	Cu	pH Água	SMP	CTC pH 7.0	MO
	-----mg dm ⁻³ ----		--- 1:1 ---		- cmol _c dm ⁻³ -	-- % --
0	1,45	3,9	6,13	6,6	12,4	3,2
25	3,53	4,13	6,17	6,43	14,0	3,33
50	5,73	4,37	6,17	6,53	14,13	3,23
75	6,97	4,3	6,2	6,47	12,2	3,43
100	5,97	4,33	6,1	13,07	13,07	3,3
NPK	2,0	3,9	6,07	6,47	12,73	3,13
Contraste						
0 vs 25	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
0 vs 50	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
0 vs 75	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
0 vs 100	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
0 vs NPK	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 25	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 50	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 75	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
NPK vs 100	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

* Significativo pelo teste dos contrastes ortogonais, ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} não significativo.

A tabela 4 apresenta valores para densidade do solo e porosidade total, onde não foi encontrado diferenças entre os tratamentos para as variáveis em questão na mesma camada de solo. Na profundidade de 0 – 5 cm a Ds variou entre 1,24 e 1,31 Mg m⁻³ e de 1,32 a 1,41 Mg m⁻³ na profundidade de 5-10 cm. Resultados semelhantes foram encontrados por Arruda et al.

(2010) ao avaliar a estrutura de um Latossolo após oito anos com aplicação de dejetos de suíno. Barzegar et al. (2002) em experimento realizado no sudoeste do Irã com diferentes doses de esterco de curral observou diminuição da Ds e aumento da porosidade total com a aplicação de até 15 Mg ha⁻¹. Resultado semelhante encontrado por Valadão et al. (2011).

A redução da Ds e aumento da porosidade total está condicionado ao acréscimo de matéria orgânica ao solo, desta forma, os resultados deste estudo evidenciam o baixo teor de matéria orgânica presente no dejetos aplicado, cuja aplicação não foi suficiente para promover redução da Ds após duas aplicações. Todavia, os resultados encontrados apontam que a Ds está abaixo da densidade considerada crítica ao desenvolvimento das plantas para este tipo de solo. (Reichert et al., 2003)

Tabela 4 - Umidade volumétrica (Uv), densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt) e resistência à penetração (RP_Uv1 e RP_Uv2) após aplicações de diferentes doses de DLS, em duas profundidades, Frederico Westphalen, RS.

Tratamento	Uv_1	Uv_2	Ds	Pt	RP_Uv1	RP_Uv2
----- Profundidade 0 – 5 cm -----						
NPK	42,32 a	39,96 ab	1,24 a	53,15 a	2,51 a	4,47 ab
0	44,23 a	42,22 a	1,26 a	52,31 a	2,23 a	3,25 b
25	43,18 a	40,31 ab	1,31 a	50,71 a	3,36 a	5,40 ab
50	40,90 a	38,51 b	1,28 a	51,67 a	3,93 a	4,61 ab
75	40,92 a	38,89 ab	1,30 a	50,93 a	3,88 a	6,12 a
100	42,76 a	40,97 ab	1,25 a	52,75 a	3,89 a	4,60 ab
Média	42,38	40,14	1,27	51,92	3,30	4,74
CV(%)	6,29	6,48	7,36	6,82	38,75	27,31
Tratamento	Uv_1	Uv_2	Ds	Pt	RP_Uv1	RP_Uv2
----- Profundidade 5 – 10 cm -----						
NPK	42,86 ab	40,57 ab	1,32 a	50,14 a	3,32 a	4,77 b
0	44,47 a	42,26 a	1,36 a	48,56 a	3,24 a	5,32 ab
25	43,29 ab	41,09 ab	1,41 a	46,92 a	4,88 a	8,63 a
50	44,82 a	40,31 ab	1,34 a	49,60 a	3,90 a	5,83 ab
75	40,36 b	38,46 b	1,36 a	48,53 a	5,21 a	7,87 ab
100	42,48 ab	40,08 ab	1,33 a	49,65 a	4,70 a	7,06 ab
Média	43,05	40,46	1,35	48,90	4,21	6,58
CV(%)	6,58	5,73	5,74	6,00	25,27	21,68

*Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Os valores de resistência à penetração (Tabela 4) demonstram que para a Umidade Volumétrica (Uv) média de 42,38% não ocorreu alteração em função da aplicação de DLS na profundidade de 0 – 5 cm, tendo como média 3,30 Mpa. Nesta mesma camada, porém com Uv em torno de 40,14 % observou-se aumento da Rp e desta vez com a ocorrência de

diferenças entre as doses aplicadas, sendo que a ausência de adubação ($0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) apresentou a menor Rp (3,25 Mpa) e a dose de $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de DLS apresentou a maior Rp (6,12 Mpa).

Souza et al. (2005) ao estudar a influencia da aplicação de biossólido durante anos com adição de até $50,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ anualmente não encontraram modificações na Rp em função da aplicação de biossólido, diferentemente dos resultados observados por Aggelides & Londra (2000), em estudo realizado na Grécia, onde através da aplicação de uma mistura de lixo doméstico, lodo de esgoto e serragem, aferiu que aplicando $78,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a resistência a penetração do solo apresentasse diminuição.

Os resultados apresentados através da análise de variância, verificaram que não houve diferença e aumento significativos promovidos pelas diferentes doses de DLS sobre o DMG e DMP na profundidade estudada, sendo que os valores médios verificados foram 5,45 mm e 5,97 mm respectivamente para DMG e DMP (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2008) ao avaliar agregação do solo com diferentes doses de cama de peru em Latossolo Vermelho, onde não observou efeito da cama de peru na estabilidade de agregados do solo, atribuindo tal resultado a baixa qualidade de matéria orgânica presente no composto, por sua baixa relação C/N, corroborando com os resultados encontrados por Passarin (2007) ao avaliar agregação do solo com diferentes doses de vinhaça e por Agne & Klein (2014), onde após quatro anos de aplicação de DLS não encontraram alterações no teor de matéria orgânica do solo nem nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico.

Tabela 5 - Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e porcentagem de agregados retidos em cinco peneiras ($> 4,75 \text{ mm}$; entre 4,75 a 2 mm; entre 2 e 1 mm; entre 1 e 0,21 mm, e $< 0,21 \text{ mm}$), após aplicações de diferentes doses de DLS, na profundidade de 0- 10 cm. Frederico Westphalen, RS.

Tratamento	DMG	DMP	8 - 4,75	4,75 - 2	2 - 1	1 - 0,21	<0,21
	----- mm	-----	----- % -----				
0	5,45 a	5,97 a	90,62 a	4,68 ab	1,25 ab	1,71 ab	1,74 ab
25	5,60 a	6,03 a	91,83 a	4,34 ab	1,08 ab	1,32 ab	1,43 b
50	5,32 a	5,90 a	88,98 a	5,39 a	1,75 a	2,06 a	1,82 ab
75	5,44 a	5,96 a	90,30 a	4,98 ab	1,22 ab	1,69 ab	1,82 ab
100	5,26 a	5,89 a	89,21 a	4,87 ab	1,59 ab	1,86 ab	2,47 a
NPK	5,64 a	6,09 a	93,58 a	2,79 a	0,87 b	1,05 b	1,71 ab
Média	5,45	5,97	90,75	4,51	1,29	1,62	1,83
CV (%)	6,15	2,99	4,77	38,94	48,31	49,99	33,48

* Médias seguidas de mesma linha minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro,

Entretanto, De Maria et al. (2007) ao estudar a influencia de lodo de esgoto urbano sobre a agregação do solo, percebeu que diferentes dosagens do lodo proporcionaram diferenças no DMG e DMP e maior estabilidade dos agregados em função do aumento das doses aplicadas. Estes autores atribuíram o resultado encontrado a presença de boas quantias de matéria orgânica no lodo de esgoto com cerca de 310 g kg^{-1} de carbono orgânico, cuja atividade permite redução do teor de argila dispersa. Resultados estes também verificados por Souza et al. (2005). Portanto, a não influencia do DLS na agregação do solo neste estudo, deve-se a baixa quantidade de matéria orgânica presente no dejetos não sendo suficiente para promover a união das partículas do solo, ou ate mesmo, por ser um elemento altamente biodegradável.

Como pode ser verificada na tabela 5, a maior percentagem de agregados foi retida na peneira $> 4,72 \text{ mm}$ com média de $90,75 \%$ não apresentando diferença entre os tratamentos. Tendo deste modo predomínio da presença de macro agregados corroborando com os resultados analisados por Vasconcelos (2010) ao avaliar estabilidade de agregados em função de diferentes aportes de resíduos orgânicos de cana-de-açúcar.

Houve diferença significativa entre tratamentos para todas as demais classes de agregados (Tabela 5), sendo a dose de $50 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$ a que apresentou os melhores resultados de agregação para as peneiras $4,75 - 2 \text{ mm}$, $2 - 1 \text{ mm}$ e $1 - 0,21 \text{ mm}$, sendo superiores aos demais tratamentos. A malha $< 0,21 \text{ mm}$ também apresentou diferenças significativas, porém a dose que apresentou melhores resultados foi $75 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$.

CONCLUSÕES

Os teores disponíveis de P, S e Zn apresentaram aumento significativo após a aplicação de DLS, sendo que os demais atributos químicos avaliados não apresentaram alterações significativas em suas concentrações disponíveis no solo.

Após duas aplicações de DLS em dois cultivos subsequentes não foi possível verificar alterações nos atributos físicos do solo.

REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 813-824, 2001.

AGGELIDES, S.M. & LONDRA, P.A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. **Bioresourse Technology**, New York, v. 71, p. 253-259, 2000.

AGNE, S. A. A. & KLEIN, V. A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.720–726, 2014.

ANAMI, H. M.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S.D.; QUEIROZ, M. M. F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.75–80, 2008.

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**, Lavras, v.34, n.4, p.804-809, 2010.

ACSURS, **Produção e abate de suínos**. Disponível em: <<http://www.acsurs.com.br/files/files/site/arquivos/file/abategeral2013.pdf>> Acesso em 18/05/2015.

BARZEGAR, A.R.; YOUSEFIL, A.; DARYASHENAS, A. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.247, n.2, p.295-301, 2002.

BASSO, C. J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003.125f. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R. dos. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2525-2532, 2008.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

COSTA, A. M.; RIBEIRO, B. T.; SILVA, A. A.; BORGES, E. N. Estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho tratado com cama de peru. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2008.

CQFS-RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

CUNHA, J. L. da. **Impacto Ambiental em sistema de pastagem sob aplicações de esterco líquido de suínos**. 2009. 71f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

FERREIRA, M.M., Caracterização física do solo. In: Quirinj de Jong van Lier ed. **Física do Solo**, 298p. SBCS. Viçosa, 2010.

GIROTTTO, E. **Cobre e Zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquido de suínos**. 2007.121f. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo). Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

JONDREVILLE, C.; REVY, P. S.; DOURMAD, J. Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. **Livestock Production Science**, New York, v.84, n.2, p.147-156, 2003.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK C.A. **Methodos of Soil Analysis - PART 1**. Wisc. ASA. p. 495-509, 1965.

KONZEN, A. E. Aproveitamento de dejetos líquidos de suínos para fertirrigação e fertilização em grandes culturas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. (**Circular técnica, 32**).

MARIA, I. C. de; KOCSSI, M. A.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.291-298, 2007.

MATIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MATOS, M.A.; **Indicadores químicos e microbiológicos do solo após aplicação de resíduos de suínos em sistema de plantio direto**. Dissertação de Mestrado, Londrina, 2006.

MATOS, A. T. SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, S. P.; VIDIGAL, S. M.; GARCIA, N. C. P. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.44, n.254, p.399-410, 1997.

MENEZES, R. S. C. & SILVA, T. O. da. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, p.251-257, 2008.

OLIVEIRA, D. A. de; PINHEIRO, A. & VEIGA, M. da. Effects of pig slurry application on soil physical and chemical properties and glyphosate mobility. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p.1421-1431, 2014.

PANDOLFO, C. M. CERETTA, C. A.; MASSIGNAM, A. M.; VEIGA, M.; MOREIRA, I. C. L. Analise ambiental o uso de fontes de nutrientes associadas a sistema de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.5, p.512-519, 2008.

PASSARIN, A. L.; RODRIGUEIRO, E. L.; ROBAINA, C. R. P.; MEDINA, C. de C. Caracterização de agregados em um Latossolo Vermelho distroférrico típico submetido a diferentes doses de vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol.31, n.6 Nov./Dec. 2007.

QUEIROZ, F. M. MATTOS, A. F.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.34. n.5, p.1487-1492, 2004.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista de Ciências Ambientais**, Florianópolis, v. 27, p. 29-48, 2003.

SANTOS, H.G. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System. **SAS/STAT User's Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. Método rápido para determinação da qualidade fertilizante do esterco de suínos a campo. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.8, n.2, p.40-43, 1995.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.123-131, 2007.

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**, Viçosa, v.34, n.4, p.1375-1383, 2010.

SEGANFREDO, M. A. Gestão ambiental na suinocultura. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2007. 302 p.

SEIDEL, E. P.; COSTA, A. C. S.; LANA, M. C. Fitodisponibilidade de cobre e produção de matéria seca por plantas de milho em resposta à aplicação de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1871-1878, 2009.

SIBANDA, H.M., & S.D. YOUNG. Competitive adsorption of humus acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.38, p. 211–217, 1986.

SMANHOTTO, A. SOUSA, A. P.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; PRIOR, M. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.347-357, 2010.

SOUZA, Z. M.; BEUTLER, A. N. MELO, V. P. & MELO, W. J. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em latossolos adubados por cinco anos com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 117-123, 2005.

VALADÃO, F. C. de A. et al. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 2073-2082, 2011.

VASCONCELOS, R. F. B de; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S. de; COSTA, Y. D. J. da & CAVALCANTE, D. M.. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de tabuleiro costeiro Sob diferentes aportes de resíduos Orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 309-316, 2010.