



Carbono orgânico em classes de agregados biogênicos e fisiogênicos sob aplicação de dejetos Suínos⁽¹⁾.

Guilherme Wilbert Ferreira⁽²⁾; Arcângelo Loss⁽³⁾; Jucinei José Comin⁽⁴⁾; Lucas Dupont Giumbelli⁽²⁾; Carlos Aristeu Mergen Junior⁽²⁾; Paulo Emílio Lovato⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq e Fundação Agrisus

⁽²⁾ Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC, guilhermewferreira@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁴⁾ Professor Titular, Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO: O tipo e as formas de cultivo de solo podem causar modificações nos atributos edáficos do solo, sobretudo em sua agregação. Objetivou-se avaliar os teores de carbono orgânico total (COT) em agregados biogênicos e fisiogênicos em áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS), em sistema plantio direto (SPD). Após 10 anos do uso de DS na sucessão aveia/milho, coletaram-se amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, nos tratamentos sem aplicação de DS (testemunha), com aplicação de DLS e CSS em dose equivalente a uma e duas vezes a recomendação de N para o milho e aveia (DLS1X, DLS2X, CSS1X e CSS2X). Os agregados foram separados conforme a via de formação em biogênicos e fisiogênicos. Nestes agregados determinou-se o COT. O uso de DLS aumentou os teores de COT nos microagregados em comparação ao uso da CSS, que por sua vez aumentou o conteúdo de COT nos macroagregados. Entre os agregados, os macroagregados biogênicos apresentaram os maiores teores de COT (5-10 cm), e para os fisiogênicos, os maiores teores de COT ocorreram nos meso e microagregados.

Termos de indexação: dejetos líquidos de suínos, cama sobreposta de suínos, agregação do solo.

INTRODUÇÃO

O sistema de manejo empregado para o cultivo do solo pode causar modificações nos atributos edáficos, sobretudo em sua agregação (Costa Junior et al., 2012) e com ênfase nos agregados de origem biogênica (Loss et al., 2014). De acordo com Velasquez et al. (2007) e Loss et al. (2014), os agregados do solo podem ser classificados como biogênicos e fisiogênicos, sendo estes padrões estabelecidos conforme a sua morfologia. Os agregados biogênicos apresentam formas arredondadas decorrentes da ação da fauna do solo e/ou do sistema radicular. Os agregados fisiogênicos são aqueles que apresentam formas

angulares ou prismáticas, oriundos dos ciclos de umedecimento e secagem.

Segundo Six et al. (2000), a agregação do solo exerce importante papel na proteção da matéria orgânica do solo (MOS). O aumento do teor de MOS pode contribuir para o aumento da qualidade, fertilidade, ciclagem de nutrientes e estabilidade da estrutura do solo (Li et al., 2007; Barreto et al., 2009). São vários os fatores que interagem entre si para a formação e posterior estabilização dos agregados do solo, dentre eles: fauna do solo, microorganismos do solo, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais (Rilling et al., 2006).

Os agregados podem ser separados por classes de tamanho, sendo macroagregados aqueles com diâmetro > 2,00 mm e microagregados, os menores que 0,25 mm. Estes se mantêm unidos por materiais orgânicos persistentes e substâncias poliméricas que associados a materiais como raízes de plantas e hifas de fungos formam e estabilizam os macroagregados (Stevenson, 1994). Segundo Fernández et al. (2010), os macroagregados e os microagregados são suscetíveis ao distúrbio físico do solo, entretanto nos agregados de tamanho intermediário (mesoagregados) é que se refletem as diferenças na dinâmica do carbono sob diferentes sistemas de manejo.

Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar os teores de carbono orgânico total em classes de agregados biogênicos e fisiogênicos em áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2002, em Argissolo Vermelho-Amarelo, cultivado sob sistema plantio direto (SPD) com a sucessão aveia/milho, em Braço do Norte, SC. O clima é do tipo Cfa, com precipitação média anual de 1.471 mm. Previamente à instalação do experimento, na camada de 0-10 cm encontrava-se pH-H₂O = 5,1, argila = 330 g kg⁻¹, Al = 0,8 cmolc dm⁻³, Mg = 0,8



cmolc dm^{-3} , $\text{Ca} = 3.0 \text{ cmolc dm}^{-3}$, $\text{P} = 19 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{K} = 130 \text{ mg dm}^{-3}$.

Em dezembro de 2002 foi aplicado na superfície do solo 6 Mg ha^{-1} de calcário (PRNT = 87,5%), para elevar o pH em água até 6,0 (CQFS-RS/SC, 2004). Em seguida, foram instalados cinco tratamentos: testemunha (sem adubação); adubação com dejetos líquidos de suínos, equivalente a recomendação de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (DLS1X); adubação com DLS, equivalente ao dobro da recomendação de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (DLS2X); adubação com cama sobreposta de suínos, equivalente a recomendação de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (CSS1X) e adubação com CSS, equivalente ao dobro da recomendação de $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia preta (CSS2X).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições. A quantidade necessária de dejetos para suprir a demanda de N para a sucessão milho/aveia em cada tratamento, usada ao longo do período de 2002 até 2012 foi estabelecida de acordo com a recomendação proposta pela Comissão Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC, 2004).

Em cada tratamento foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. No laboratório, as amostras foram secas à sombra e peneiradas em um conjunto de peneiras de malha de 9,5; 8,0 e 4,0 mm, para obtenção dos agregados (Embrapa, 1997). Para a separação dos agregados conforme a via de formação, utilizaram-se os agregados contidos no intervalo de 9,5 a 8,0 mm. Estes foram observados sob microscópio binocular e separados à mão conforme Velasquez et al. (2007), em agregados fisiogênicos (**Figura 1b**) e biogênicos (**Figura 1a**).

Posteriormente, os agregados foram submetidos a análise de estabilidade de agregados via úmida (Embrapa, 1997), procedendo-se a avaliação da distribuição da massa de agregados nas seguintes classes de diâmetro médio: $\emptyset \geq 2,0 \text{ mm}$ (macroagregados); $2,0 > \emptyset \geq 0,25 \text{ mm}$ (mesoagregados) e $\emptyset < 0,25 \text{ mm}$ (microagregados).

Para a caracterização química dos macro, meso e microagregados, estes foram destorroados e peneirados em 2,00 mm de malha. Neste material determinaram-se os teores de carbono orgânico total (COT), segundo Tedesco et al. (1985).

Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Skott-knott a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os menores teores de COT para macroagregados biogênicos foram encontrados no tratamento com DLS2X (0-5 cm) e DLS2X e testemunha (5-10 cm). Nos macroagregados fisiogênicos, os menores teores de COT também foram observados nos tratamentos com DLS e a testemunha (0-5 cm) e DLS2X e testemunha (5-10 cm). Os tratamentos com CSS, de maneira geral, apresentaram maiores teores de COT entre os tratamentos, para macroagregados biogênicos e fisiogênicos. Entre os agregados dentro de cada tratamento, verificaram-se diferenças apenas na profundidade de 5-10 cm para CSS2X e DLS2X, com os maiores teores de COT encontrados nos macroagregados biogênicos (**Tabela 1**).

Para os mesoagregados, nos biogênicos verificaram-se diferenças apenas na profundidade de 5-10 cm, com maiores teores de COT na testemunha e menores nos tratamentos com DLS. Nos fisiogênicos, os maiores teores de COT foram encontrados nos tratamentos com CSS1X e DLS2X, sendo no tratamento com CSS2X verificado o menor teor de COT (0-5 cm). Na profundidade de 5-10cm, os tratamentos com CSS e DLS1X apresentaram os menores teores de COT. Na comparação entre os agregados, verificaram-se maiores teores de COT nos fisiogênicos nas duas profundidades para os tratamentos CSS1X, DLS e testemunha (0-5cm) e testemunha e DLS (5-10cm).

Os maiores teores de COT para os microagregados biogênicos, nas duas profundidades, foram encontrados nos tratamentos DLS1X e testemunha, com menores teores de COT para os demais tratamentos, destacando-se o tratamento com CSS1X que apresentou o menor teor para 5-10 cm. Para os microagregados fisiogênicos, o maior teor de COT foi encontrado no tratamento DLS2X e os menores, nos tratamentos com CSS para 0-5 cm. Para a profundidade de 5-10 cm, os maiores teores de COT foram encontrados nos tratamentos testemunha e DLS1X, sendo os demais tratamentos com menores valores. Na comparação entre os agregados, os microagregados fisiogênicos apresentaram maiores teores de COT para todos os sistemas de uso do solo nas duas profundidades.

De maneira geral, os maiores valores de COT na classe dos macroagregados biogênicos e fisiogênicos para os tratamentos com CSS podem ser devidos a maior relação C/N da CSS em comparação aos DLS. Segundo Brunetto et al. (2012), a baixa quantidade de matéria seca (MS)



que constitui os DLS implica em uma baixa relação C/N, fazendo com que a velocidade de mineralização do COT contido nesse material seja acelerada, facilitando a sua mineralização pelos microrganismos. Ao contrário disso, a CSS normalmente apresenta uma maior quantidade de COT devido a maior quantidade de MS (Brunetto et al., 2012), e da maior relação C/N dos materiais que a compõe, dificultando a atuação dos microrganismos e acarretando em maiores teores de COT nos macroagregados. Esses são favorecidos pela presença da matéria orgânica particulada (MOP) na CSS, que pode formar pontes de nucleação contribuindo para a formação de microagregados no interior de macroagregados (Golchin et al., 1994).

No tratamento com DLS, comparando-se as doses (DLS1X e DLS2X), verificou-se uma diminuição dos teores de COT na maior dose (DLS2X) nas duas profundidades para biogênicos e fisiogênicos. Isto também pode estar associado a menor relação C/N desse material e altas quantidades aplicadas, o que favorece uma maior disponibilidade de material de baixa relação C/N, aumentando a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, tem-se uma mineralização mais rápida do COT nesse tratamento para os macroagregados.

Os maiores teores de COT para o tratamento com DLS nos mesoagregados fisiogênicos e microagregados biogênicos e fisiogênicos, nas duas profundidades, podem ser decorrentes da maior interação dos dejetos líquidos com a fração argila, principalmente nos agregados fisiogênicos, que tem maiores teores de argila que os biogênicos (dados não apresentados). A adsorção dos ácidos orgânicos aos componentes da fração argila gera uma proteção química que potencializa a estabilidade do COT associado à fase mineral dos microagregados (Burak et al., 2011).

Neste estudo, a agregação do solo segue a teoria da hierarquia dos agregados, onde agregados menores se unem, formando os agregados maiores (Tisdal e Oades, 1982). Dessa forma, tem-se a interação da argila com compostos orgânicos persistentes, tais como o carbono da fração húmica (dados não apresentados) favorecendo a formação dos microagregados. Por sua vez, da união dos microagregados surgem os macroagregados, que são estabilizados por meio de compostos transitórios, tais como a MOP ou o carbono lábil (dados não apresentados), adicionados ao solo via sistema radicular e deposição de resíduos vegetais. Dessa forma, nos macroagregados biogênicos, com ênfase para 0-5 cm, e nos macroagregados biogênicos e fisiogênicos, ambos com CSS, tem-se

teores de COT oriundo da união dos microagregados que são nucleados pelo sistema radicular e a MOP, formando os macro, e assim aumenta a proteção do COT no interior dos agregados. Isso culmina em maiores teores de COT nesses macroagregados.

CONCLUSÕES

De maneira geral verifica-se que o uso de DLS aumenta os teores de COT nos microagregados em comparação ao uso da CSS, que por sua vez aumenta o conteúdo de COT nos macroagregados.

Entre os agregados, os biogênicos apresentam maiores teores de COT (5-10 cm) nos macroagregados e para os fisiogênicos, tem-se maiores teores de COT nos meso e microagregados.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro relacionado à Chamada MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq Nº 81/2013, Edital UNIVERSAL - MCTI/CNPq Nº 14/2012, e à FUNDAÇÃO AGRISUS (PA 1087/13 e PA1521/13).

REFERÊNCIAS

- BARRETO, R. C. et al. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 132:243-251, 2009.
- BRUNETTO, G. et al. Changes in soil acidity and organic carbon in an sandy typic hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:10-20, 2012.
- BURAK, D. L.; FONTES, M. P. F. F.; BECQUER, T. Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em Latossolo Vermelho sob pastagem em região de cerrado. **Pesq. Agropec. Trop.**, 41(2): 229-241, 2011.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFSRS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- EMBRAPA/CNPS. Manual de métodos de análise de solos, Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERNÁNDEZ, R.; QUIROGA, A.; ZORATI, C.; NOELLEMEYER, E. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. **Soil Tillage Res.**, 109:103-109, 2010.
- GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O. & CLARKE, P. Soil-structure and carbon cycling. *Aust. J. Soil Res.*, 32:1043-1068, 1994.

COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. C.; NETO, M. S.; CAMARGO, P. B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:1311-1321, 2012.

LI, X. G.; WANG, Z. F.; MA, Q. F.; LI, F. M. Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in arid grassland soil. **Soil Tillage Res.**, 95:172-181, 2007.

LOSS, A.; PERERIA, M. G.; COSTA, E. L.; BEUTLER, S. J. Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural ¹³C and ¹⁵N abundance in biogenic and physicogenic aggregates in areas under different land use systems. **Soil Research**, 52:685-697, 2014.

RILLING, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist**, 171:41-53, 2006.

SIX, J.; ELLIOT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage

Tabela 1. Distribuição dos teores de COT (g kg⁻¹) nos macro, meso e microagregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.

Sistemas de uso do solo	Macroagregados (8,0 > X ≥ 2,0 mm)		Mesoagregados (2,0 > X ≥ 0,25 mm)		Microagregados (0,25 > X ≥ 0,105 mm)	
	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico
0-5 cm						
Test	54,92 Aa	48,82 Ba	32,47 Ab	47,72 Ba	23,03 Ab	52,80 Ba
DLS1X	49,38 Aa	44,10 Ca	28,82 Aa	46,01 Ba	26,38 Ab	46,83 Ba
DLS2X	32,18 Ba	30,24 Da	29,68 Ab	92,37 Aa	20,57 Bb	82,53 Aa
CSS1X	63,25 Aa	57,97 Aa	34,40 Ab	96,54 Aa	16,96 Bb	30,13 Da
CSS2X	57,14 Aa	61,31 Aa	28,01 Aa	34,68 Ca	20,47 Bb	40,10 Ca
CV(%)	10,97	11,67	17,29	8,15	9,20	9,41
5-10 cm						
Test	18,03 Da	15,81 Ba	48,05 Ab	68,09 Ba	30,17 Bb	62,43 Aa
DLS1X	37,73 Ba	36,06 Aa	28,85 Cb	48,27 Ca	40,00 Ab	52,93 Ba
DLS2X	22,75 Ca	18,03 Bb	27,75 Cb	96,26 Aa	21,80 Cb	33,10 Ca
CSS1X	41,33 Ba	40,22 Aa	35,56 Ba	26,49 Ea	10,50 Db	30,70 Ca
CSS2X	46,60 Aa	34,12 Ab	35,79 Ba	33,90 Da	22,77 Cb	34,17 Ca
CV(%)	7,74	10,08	10,91	6,62	8,99	9,58

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os sistemas de uso do solo para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada sistema avaliado (teste Skott-Knott, p <0,05). Test = testemunha; DLS1X, DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 1 e 2 vezes a quantidade; CSS1X, CSS2X = cama sobreposta de suínos, 1 e 2 vezes a quantidade; CV = coeficiente de variação.



Figura1a - Agregados biogênicos



Figura 1b - Agregados fisiogênicos