



Carbono, Nitrogênio e Abundância Natural de ^{13}C e ^{15}N em Agregados Biogênicos e Fisiogênicos sob Aplicação de Dejetos Suínos⁽¹⁾.

Arcângelo Loss⁽²⁾; Jucinei José Comin⁽³⁾; Elano dos Santos Junior⁽⁴⁾; Lucas Benedet⁽⁵⁾; Marcos Gervasio Pereira⁽⁶⁾, Gustavo Brunetto⁽⁷⁾.

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

⁽²⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, arcangelo.loss@ufsc.br; ⁽³⁾; Professor Titular, Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁴⁾ Estudante do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁵⁾ Estudante de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁶⁾ Professor Associado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁽⁷⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria.

RESUMO: A aplicação de dejetos suínos (DS) no solo pode aumentar os teores de carbono e nitrogênio nos agregados do solo. Objetivou-se avaliar os teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e a abundância natural de ^{13}C e ^{15}N 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 mensuraram-se o COT, NT, ^{13}C e ^{15}N . Os maiores teores de COT e NT, assim como valores mais negativos de ^{13}C , foram encontrados nos tratamentos CSS1X e CSS2X. Entre os agregados, os biogênicos apresentaram maiores teores de COT e NT. Para o ^{15}N , os DS apresentaram maiores valores que a testemunha (0-5 cm), destacando-se os fisiogênicos com maiores valores (5-10 cm). Depois de dez anos de adição de DS na sucessão aveia/milho, a aplicação de DLS não alterou os teores de COT, NT e ^{13}C avaliados em relação à testemunha, enquanto a aplicação de CSS aumentou esses parâmetros. O uso de DS aumenta o ^{15}N em comparação à testemunha.

Termos de indexação: dejetos líquidos de suínos, cama sobreposta de suínos, composição isotópica.

INTRODUÇÃO

Decorrente do sistema de manejo de uso do solo, modificações nos atributos edáficos podem acarretar em alterações, por exemplo, na agregação do solo, culminando em mudanças nas vias de formação dos agregados, com ênfase na via de origem biogênica (Loss et al., 2014a). Estudos que

relacionam as mudanças advindas do manejo dado ao solo na formação dos agregados, com ênfase nos aspectos qualitativos e quantitativos, ainda apresentam-se incipientes diante da complexidade e dificuldade para o estabelecimento de padrões para as diferentes vias de formação dos agregados (Velasquez et al., 2007; Loss et al., 2014a). De acordo com esses autores, 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, principalmente Oligochaeta e/ou aqueles em que estão associados à atividade de raízes. Os agregados fisiogênicos são aqueles que apresentam formas angulares ou prismáticas, oriundos dos ciclos de umedecimento e secagem.

Acredita-se que a adição de dejetos de suínos pode alterar as vias de formação de agregados do solo, com ênfase para a formação de agregados biogênicos, assim como pode aumentar os teores de carbono e nitrogênio nesses agregados. Desta forma, avaliações da matéria orgânica do solo (MOS) baseados na determinação do carbono e nitrogênio por meio de técnicas isotópicas podem contribuir para estudos desta natureza.

Estas avaliações são baseadas na abundância natural de ^{13}C e ^{15}N da MOS. O ^{13}C e o ^{15}N quantificados através de técnicas isotópicas têm sido bons indicadores do tipo de vegetação existente e das modificações a que uma área foi submetida (Loss et al., 2014a; Szpak, 2014). Em recente estudo sobre a abundância natural de ^{13}C e ^{15}N em agregados biogênicos e fisiogênicos de áreas de sistema plantio direto (SPD) e floresta, no Paraná, Loss et al. (2014) encontraram maiores valores de ^{13}C e ^{15}N nos agregados fisiogênicos.

Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar os teores de carbono orgânico total, nitrogênio total e a abundância natural de ^{13}C e ^{15}N em agregados biogênicos e fisiogênicos em áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS), em SPD.



MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2002, em Argissolo Vermelho-Amarelo, cultivado sob SPD com a sucessão aveia/milho, em propriedade rural localizada em Braço do Norte, SC. O clima é do tipo Cfa, com temperaturas médias anuais de 18,7°C, e ausência de estação seca definida, com a 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, Ca = 3,0 cmolc dm⁻³, P = 19 mg dm⁻³ e K = 130 mg dm⁻³.

Anteriormente a instalação do experimento, a área estava coberta por uma pastagem naturalizada predominantemente de *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Eryngium ciliatum* e *Stylosanthes montevidensis*, sendo esporadicamente feita aplicação de dejetos suínos. 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 líquido de suínos, equivalente a recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da aveia (DLS1X); adubação com DLS, equivalente ao dobro da recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da aveia (DLS2X); adubação com cama sobreposta de suínos, equivalente a recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da aveia (CSS1X) e adubação com CSS, equivalente ao dobro da recomendação de N ha⁻¹ 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). Assim, a quantidade de DLS1X e DLS2X a ser aplicada em foi definida pela estimativa da matéria seca (MS) e da concentração de nutrientes. Já a quantidade de CSS1X e CSS2X aplicada foi calculada com base na mineralização de 50% do N amoniacal contido no resíduo.

Em cada tratamento foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade. 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). A separação dos agregados foi feita através de padrões morfológicos, sendo os fisiogênicos, definidos por apresentarem formas angulares (**Figura 1b**); e os biogênicos, aqueles onde é possível a visualização de formas arredondadas, providas do trato intestinal dos indivíduos da macrofauna do solo e/ou aqueles associados a atividade de raízes (**Figura 1a**).

Para a caracterização química dos agregados, estes foram destorroados e peneirados em 2,00 mm de malha. Neste material determinaram-se os teores de carbono orgânico total (COT), N total, em autoanalisador de C e N (CHN-1000 da Leco). As medidas de ¹⁵N e ¹³C foram avaliadas com uso de espectrômetro de massa (Finnigan Mat Delta Plus, Alemanha). Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Cochran, respectivamente. Posteriormente, foi analisado como delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e 3 repetições cada. 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 maiores teores de COT e NT (**Tabela 1**) foram encontrados nos tratamentos com CSS1X e CSS2X para agregados biogênicos e fisiogênicos e nas duas camadas avaliadas, não sendo verificadas diferenças entre a área testemunha, DLS1X e DLS2X. Entre os tipos de agregados, os biogênicos apresentaram maiores teores de COT e NT em comparação aos fisiogênicos nas duas camadas avaliadas, com exceção da área testemunha, que não apresentou diferenças na profundidade de 5-10 cm. Os maiores teores de COT e NT nos tratamentos com CSS são decorrentes da maior quantidade de MS (Brunetto et al., 2012) e da maior relação C/N dos materiais orgânicos comumente utilizados para formar a cama, tais como maravalha e casca de arroz, ao contrário do tratamento com DLS, que apresenta baixa quantidade de MS (Brunetto et al., 2012) e baixa relação C/N. Os maiores teores de COT e NT nos agregados biogênicos indicam predominância de material de maior labilidade (frações lábeis da MOS – dados não apresentados) em comparação aos agregados fisiogênicos. E a incorporação/manutenção desse material é favorecida nos agregados biogênicos,



devido aos fatores fauna do solo e sistema radicular no SPD.

Os maiores teores de COT nos agregados biogênicos tem relação direta com os maiores teores de Mg, N, P, K e H+Al nesses agregados (Loss et al., 2014b), corroborando com os resultados de Fiuzza et al. (2011), que verificaram correlações positivas dos valores de COT com os teores de P, K, Ca e Mg em áreas de floresta, seringal e pastagem para agregados biogênicos.

Os valores de ^{13}C refletem uma mistura de plantas de ciclo fotossintético C_3 e C_4 (aveia e milho, respectivamente). As plantas superiores que fixam CO_2 através da rubisco (via C_3) têm composição isotópica (^{13}C) que varia de -24 a -34‰ , enquanto nas plantas que fixam CO_2 pela PEPcase (via C_4), o ^{13}C varia de -6 a -19‰ (Smith & Epstein, 1971). Assim, infere-se pelos valores menos negativos encontrados nos tratamentos testemunha e DLS, que são devidos aos resíduos vegetais de milho (C_4), diferindo das áreas com CSS, que apresentaram valores de ^{13}C mais negativos, provavelmente devido aos materiais orgânicos que compõem a cama, tais como a maravalha, que tem origem de plantas C_3 . Entre os agregados não foram verificadas diferenças para o ^{13}C .

Os valores de ^{15}N foram maiores nos tratamentos com o uso de dejetos, o que está relacionado à constante deposição desses dejetos ao solo. A adição constante de esterco animal pode acarretar em enriquecimento isotópico de ^{15}N , pois segundo Yoneyama (1996), esterco são normalmente mais enriquecidos em ^{15}N que o solo.

Em relação aos tipos de agregados, verificaram-se diferenças apenas para a área testemunha (0-5 cm) e testemunha, DLS1X, DLS2X e CSS1X (5-10 cm), com maiores valores de ^{15}N para os agregados fisiogênicos. Esse resultado tem relação direta com os menores valores de COT e NT nesse tipo de agregado, indicando maior mineralização da matéria orgânica nesses agregados em comparação aos agregados biogênicos. Dessa forma, na medida em que as reações de mineralização, nitrificação, denitrificação e volatilização ocorrem associadas às assimilações de N pelas plantas, tem-se maior decomposição do isótopo mais leve de N (^{14}N), deixando a matéria orgânica restante enriquecida em átomos de ^{15}N (Hogberg, 1991).

Os menores valores ^{15}N verificados nos agregados biogênicos também podem ser decorrentes do predomínio de formas orgânicas de N nesses agregados e, formas minerais de N nos agregados fisiogênicos. As formas minerais de N (amônio, nitrato) mostram rápida mudança na razão $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ em espaço de tempo que vai de horas a dias. Entretanto, para as formas orgânicas (aminoácidos, proteínas, húmus) as mudanças na

razão $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ variam de meses a anos (Karamanos & Rennie, 1978). Dessa forma, quanto mais N ligado a formas orgânicas, por exemplo, nitrogênio da fração humina, pois nos agregados biogênicos tem-se maiores teores de carbono da fração humina (dados não apresentados), menor será o enriquecimento no solo de ^{15}N . O contrário tem-se para os agregados fisiogênicos.

CONCLUSÕES

Depois de dez anos de adição de dejetos suínos na sucessão aveia/milho em SPD, a aplicação de DLS não alterou os teores de COT, NT e ^{13}C , ambos avaliados em relação à testemunha, enquanto a aplicação de CSS aumentou esses parâmetros quando comparado aos DLS e à testemunha.

O uso de DLS e CSS aumenta os valores de ^{15}N em comparação à testemunha na camada superficial do solo.

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

- BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; SCHMITT, D.E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; MORAES, M.P.; GATIBONI, L.C.; LOVATO, P.E. & CERETTA, C.A. Changes in soil acidity and organic carbon in an sandy typic hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:10-20, 2012.
- 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.
- FIUZZA, S. S.; KUSDRA, J. F. & FURTADO, D. T. Caracterização química e atividade microbiana de coprólitos de *Chibui bari* (Oligochaeta) e do solo adjacente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:723-728, 2011.
- HÖGBERG, P. Development of ^{15}N enrichment in a nitrogen-fertilized forest soil-plant system. *Soil Biology & Biochemistry*, 23:335-338, 1991.
- JOUQUET, P.; ZANGERLE, A.; RUMPEL, C.; BRUNET, D.; BOTTINELLI, N. & TRAN DUC, T. Relevance and limitations of biogenic and physiogenic classification: a

comparison of approaches for differentiating the origin of soil aggregates. *European Journal of Soil Science*, 60:1117–1125, 2009.

KARAMANOS, R. E. & RENNIE, D. A. Nitrogen isotope fractionation during ammonium exchange reactions with soil clay. *Canadian Journal of Soil Science*, 58, 53-60. 1978.

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 physiocogenic aggregates in areas under different land use systems. *Soil Research*, 52:685-697, 2014a.

LOSS, A.; COMIN, J. J.; SANTOS JUNIOR, E.; MERGEN JUNIOR, C. A.; PEREIRA, M. G.; BRUNETTO, G. Fertilidade do solo em agregados biogênicos e fisiogênicos sob aplicação continuada de dejetos suínos. In: X REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO, Pelotas. 2014b. Anais. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014b.

SMITH, B. N. & EPSTEIN, S. Two categories of ¹³C/¹²C ratios for higher plants. *Plant Physiology*, 47:380-384, 1971.

SZPAK P. Complexities of nitrogen isotope biogeochemistry in plant-soil systems: implications for the study of ancient agricultural and animal management practices. *Frontiers in Plant Science*, 5:1–19, 2014.

VELASQUEZ, E.; PELOSI, C.; BRUNET, D.; GRIMALDI, M.; MARTINS, M.; RENDEIRO, A. C.; BARRIOS, E. & LAVELLE, P. This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates. *Pedobiologia*, 51:75-87, 2007.

YONEYAMA, T. Characterization of natural ¹⁵N abundance of soils. In: Boutton, T. W.,; Yamsahi, S., (Ed.) *Mass Spectrometry of Soils*. Marcel Dekker: New York, 1996. p.225-246.

Tabela 1 - Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total e abundância natural de ¹³C e ¹⁵N nos agregados biogênicos e fisiogênicos nos sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.

Sistemas de uso do solo	COT (g kg ⁻¹)		N (g kg ⁻¹)		¹³ C‰		¹⁵ N‰	
	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico
0-5 cm								
Test	39,23 Ca	30,97 Bb	3,76 Ca	3,03 Bb	-20,28 Aa	-19,80 Aa	3,92 Db	4,36 Ca
DLS1X	42,50 Ca	32,38 Bb	4,07 Ca	3,20 Bb	-20,24 Aa	-19,99 Aa	5,29 Ca	5,69 Ba
DLS2X	42,55 Ca	32,97 Bb	3,73 Ca	2,80 Bb	-20,16 Aa	-20,23 Aa	6,46 Ba	6,32 Ba
CSS1X	52,11 Ba	44,63 Ab	5,00 Ba	3,97 Ab	-21,33 Ba	-21,08 Ba	6,86 Ba	6,64 Ba
CSS2X	63,23 Aa	51,88 Ab	5,47 Aa	4,73 Ab	-22,10 Ba	-22,18 Ba	9,61 Aa	9,72 Aa
CV(%)	18,06	6,54	4,23	17,06	3,93	3,60	11,26	11,40
5-10 cm								
Test	27,00 Ba	26,20 Ba	2,43 Ba	2,53 Ba	-19,19 Aa	-19,16 Aa	6,01 Cb	6,42 Ca
DLS1X	31,80 Ba	24,22 Bb	3,00 Ba	2,03 Bb	-19,34 Aa	-19,10 Aa	6,23 Cb	6,85 Ca
DLS2X	31,83 Ba	21,22 Bb	2,90 Ba	1,70 Bb	-18,88 Aa	-18,89 Aa	6,48 Cb	7,02 Ca
CSS1X	41,07 Aa	30,32 Ab	3,70 Aa	3,03 Ab	-20,32 Ba	-20,23 Ba	7,45 Bb	7,82 Ba
CSS2X	43,94 Aa	36,30 Ab	3,77 Aa	3,33 Aa	-21,09 Ca	-20,50 Ba	9,43 Aa	9,57 Aa
CV(%)	8,43	18,31	8,91	17,73	1,81	1,89	4,30	4,80

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 (Skott-Knott, p <0,05). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a quantidade; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a quantidade; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a quantidade; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a quantidade. CV = coeficiente de variação.



Figura 1a - Agregados biogênicos



Figura 1b - Agregados fisiogênicos