

Carbono, nitrogênio e frações granulométricas em agregados biogênicos e fisiogênicos de um solo com histórico de 10 anos de aplicações sucessivas de dejetos suínos
Carbon, nitrogen and granulometric fractions in biogenic and physiogenic aggregates of a soil with a history of 10-years of successive swine waste applications
Carbono, nitrógeno y fracciones granulométricas en agregados biogénicos y fisiogénicos de un suelo con historia de 10 años de aplicaciones sucesivas de estiércol de cerdos

Recebido: 25/09/2020 | Revisado: 01/10/2020 | Aceito: 05/10/2020 | Publicado: 06/10/2020

Barbara Santos Ventura

ORCID: <https://orcid.org/00000-0002-5051-7222>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: bazinhasv@hotmail.com

Arcângelo Loss

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3005-6158>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: arcangelo.loss@ufsc.com.br

Jucinei José Comin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6176-6208>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: j.comin@ufsc.com.br

Camilo Mendes Sepulveda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6422-8862>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: camilomsepulveda@gmail.com

Paulo Emílio Lovato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5828-696X>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: paulo.lovato@ufsc.br

Gustavo Brunetto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3174-9992>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos do uso de diferentes fontes e quantidades de dejetos suínos sobre os teores de carbono (C) e nitrogênio (N) totais e das frações granulométricas da matéria orgânica (MO) dos agregados biogênicos e fisiogênicos do solo. Coletaram-se amostras de solo nas profundidades 0-5 e 5-10 cm nos tratamentos sem aplicação de dejetos (Testemunha), com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS) em dose equivalente a uma e duas vezes a recomendação de N para o milho e aveia (DLS1X, DLS2X, CSS1X e CSS2X, respectivamente). Os agregados foram separados conforme a via de formação (biogênicos e fisiogênicos). Posteriormente, foram quantificados o C e N totais e das frações da MO. A aplicação de CSS aumentou o C e N dos agregados e das frações granulométricas. A aplicação dos dejetos suínos aumentou o C e N em agregados biogênicos em comparação aos fisiogênicos.

Palavras-chave: Gênese de agregados; Indicadores biológicos; Matéria orgânica particulada; Cama sobreposta de suínos.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of the use of different sources and quantities of waste on the total carbon (C) and nitrogen (N) contents and the particle size fractions of organic matter (OM) the soil biogenic and physiogenic aggregates. Soil samples were collected at depths 0-5cm and 5-10cm, in the treatments without application of manure (Control), with application of pig slurry (PS) and deep litter (DL) at equivalent doses you once and twice recommended N for corn and oats (PS1X, PS2X, DL1X and DL2X, respectively). The aggregates were separated according to the formation pathway (biogenic and physiogenic). Subsequently, total C and N, and OM fractions were quantified. The application of CSS increased the total C and N contents of aggregates and OM fractions. The application of swine manure increased the C and N in biogenic aggregates compared to the physiogenic ones.

Keywords: Aggregate genesis; Biological indicators; Particulate organic matter; Pig deep litter.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del uso de diferentes fuentes y cantidades de desechos de cerdo en el contenido total de carbono (C) y nitrógeno (N) y las fracciones granulométricas del agregados biogénicos y fisiogénicos. Se recogieron muestras de suelo a

profundidades de 0-5 cm y 5-10 cm, en los tratamientos sin aplicación de desechos de cerdo (control), con aplicación de estiércol de cerdo (EP) y cama de cerdos superpuestos (CSS) a dosis equivalente del una y dos veces la recomendación de N para el maíz y avena (EP1X, EP2X, CSS1X y CSS2X, respectivamente). Los agregados se separaron de acuerdo con la vía de formación (biogénica y fisiogénica). Posteriormente, se cuantificaron el C y N totales y de las fracciones del MO. La aplicación de CSS aumentó el contenido total de C y N de agregados y de las fracciones. La aplicación de desechos de cerdo aumentó el C y N en agregados biogénicos en comparación con fisiogénicos.

Palavras-clave: Génesis agregada; Indicadores biológicos; Materia orgánica particulada; Cama superpuesta de cerdos.

1. Introdução

Na região Sul do Brasil, o estado de Santa Catarina se destaca nacionalmente por ser um dos principais produtores agrícolas, em especial no setor de produção animal nas atividades da suinocultura. O estado é responsável por 26% dos abates de suínos, o que representou mais de 50% das exportações de carne suína brasileiras em 2018 (Giehl & Mondardo, 2019). O sistema de produção vigente no estado é predominantemente intensivo e em pequenas propriedades, gerando além de altas produtividades, grandes volumes de dejetos. Estes, quando aplicados sucessivamente no solo podem modificar os atributos químicos, físicos e biológicos (Lourenzi et al., 2013; Comin et al., 2013; Giacomini et al., 2013; Mafra et al., 2014; Loss et al., 2017; Ventura et al., 2018; Mergen Junior et al., 2019)

Diversos atributos edáficos são utilizados como indicadores de qualidade do solo. E destes, destaca-se a matéria orgânica do solo (MOS) como sendo um dos melhores indicadores de qualidade do solo. Além disso, a determinação dos teores de carbono (C) e nitrogênio (N) dos diferentes compartimentos da MOS são utilizados para evidenciar diferenças em sistemas de uso do solo sob condições diversificadas (Vezzani & Mielniczuk, 2009).

As frações da MOS apresentam características químicas e físicas diferentes entre si, e a distribuição dos teores de C e N nessas frações pode ser mais eficiente para se evidenciar diferenças entre os sistemas de manejos agrícolas, além de prever a qualidade da matéria orgânica (MO), quando comparado apenas à determinação dos teores totais de C e N no solo (Salton et al., 2005; Conceição et al., 2005; Loss et al., 2010, Loss et al., 2012; Ventura et al., 2018). Dessa forma, utiliza-se a técnica de fracionamento granulométrico da MOS, um

método de extração física que utiliza o princípio de diferença de tamanho das partículas através de técnicas de dispersão e peneiramento. Esse método separa as frações orgânicas em matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica associada aos minerais (MOM) (Cambardella & Elliott, 1992). A MOP é a fração associada à areia, compreendendo frações de tamanho entre 2,00 mm e 0,053 mm, prioritariamente derivadas de resíduos de plantas e hifas, e a sua permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada pelos agregados (Golchin et al., 1995). Já a MOM é a fração associada ao silte e argila, pois apresenta tamanho inferior a 0,053 mm, que interage com a superfície dos minerais, formando os complexos organominerais, estando protegida pelo mecanismo de proteção coloidal (Christensen, 1996).

As modificações nos atributos edáficos, com destaque para as alterações na agregação do solo, podem ocorrer em função do sistema de manejo do solo, por exemplo, quando se utiliza sistemas conservacionistas, como o sistema de plantio direto (SPD) em que o solo não é revolvido e há rotação de culturas em comparação com o sistema de preparo convencional (SPC), que utiliza arações e gradagens no revolvimento do solo. Essas modificações podem culminar também em mudanças nas vias de formação dos agregados, os quais são classificados como biogênicos e fisiogênicos, sendo estes padrões estabelecidos conforme a sua morfologia (Pulleman et al., 2005; Velasquez et al., 2007; Jouquet et al., 2009). Os biogênicos apresentam formas arredondadas decorrentes da ação da fauna do solo, principalmente da Classe Oligochaeta e, ou, aqueles em que estão associados à atividade de raízes. Os fisiogênicos são aqueles que apresentam formas angulares ou prismáticas, oriundos dos ciclos de umedecimento e secagem do solo.

Para aumentar a agregação do solo em agroecossistemas, o manejo deve ter como objetivo o aumento das entradas de C no solo, assim como a diminuição de perturbações e das taxas de perdas desse elemento por processos como a decomposição e erosão. A melhoria das práticas de gestão da estrutura do solo inclui métodos de preparo, ciclagem de nutrientes e manejo dos resíduos. Dentro deste contexto, destaca-se o SPD com o uso de adubação orgânica via dejetos de suínos. Esta combinação (SPD adubado com dejetos suínos) por longo tempo pode influenciar nas vias de formação dos agregados do solo (Loss et al., 2017), assim como pode aumentar os teores de carbono e nitrogênio nesses agregados. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes fontes e quantidades de dejetos suínos sobre os teores de carbono e nitrogênio totais e das frações granulométricas da MOS dos agregados biogênicos e fisiogênicos em um Argissolo com histórico de aplicações continuadas de dejetos suínos por 10 anos em Braço do Norte, Santa Catarina.

2. Metodologia

Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi instalado no ano de 2002, em um Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2013), Typic Hapludult (Soil Survey Taxonomy, 2010), cultivado sob SPD com a sucessão aveia preta/milho, sem o uso de agrotóxicos, em propriedade rural localizada na microbacia Rio Cachorrinhos, município de Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil (28° 14'20.7'' S, 49° 13'55.5'' W e altitude de 300 m). O clima do município é do tipo Cfa (clima subtropical úmido) segundo classificação de Köppen, com temperaturas médias anuais de 18,7°C, sendo a máxima de 35°C e a mínima de 0°C. Não há uma estação seca definida, sendo que a tendência de concentração das chuvas ocorre nos meses de verão, com a precipitação média anual de 1.471 mm (Epagri, 2000). Previamente à instalação do experimento, na camada de 0-10 cm, o solo apresentava os seguintes atributos: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,1; argila 330 g Kg^{-1} ; Ca, Mg e Al trocáveis 3,0, 0,8 e 0,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente (extraídos por KCl 1 mol L^{-1}); P e K disponíveis 19 e 130 mg dm^{-3} , respectivamente (extraídos por Mehlich-1), matéria orgânica 33,0 g Kg^{-1} .

Anteriormente à 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 foram aplicados na superfície do solo 6 Mg ha^{-1} de calcário (PRNT = 87,5%), para elevar o pH em água a 6,0 (CFS-RS/SC, 1995). Em seguida, foram instalados cinco tratamentos: Testemunha (sem adubação); dejetos líquidos de suínos - DLS1X (adubação com DLS, equivalente a recomendação de N $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para a cultura do milho (90 kg ha^{-1}) e da aveia); DLS2X (adubação com DLS, equivalente ao dobro da recomendação de N $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para a cultura do milho (180 kg ha^{-1}) e da aveia); cama sobreposta de suínos - CSS1X (adubação com CSS, equivalente a recomendação de N $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para a cultura do milho (90 kg ha^{-1})) e CSS2X (adubação com CSS, equivalente ao dobro da recomendação de N $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ para a cultura do milho (180 kg ha^{-1})).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com cinco tratamentos e três repetições. Cada um dos blocos possuía dimensões de 4,5 x 30 m, separados entre si por um corredor de um metro de largura. Cada tratamento era formado por unidades experimentais (parcelas) com 4,5 x 6,0 m (27 m^2). O DLS foi coletado em

esterqueira, de sistema de criação ciclo completo, situada na mesma propriedade na qual o experimento foi instalado. A CSS foi obtida na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, SC, onde o sistema de criação de suínos é feito com substrato de maravalha (serragem). A composição química dos DLS e da CSS são apresentados na Tabela 1.

O sistema de ciclo completo é aquele que possui todas as etapas da criação dos animais, consistindo desde o recebimento das leitões até a saída dos animais para o abate. Normalmente, em valores médios, em uma granja suinícola de ciclo completo, para cada porca do plantel produzindo 20 leitões ao ano e terminados até os 105 kg de peso de abate, necessita-se de 7.000 kg de ração com um gasto médio de 240 kg por núcleo, 5.260 kg de milho e 1.500 kg de farelo de soja (Kunz et al., 2003).

A quantidade necessária de dejetos para suprir a demanda de N na 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 de Fertilidade do Solo (CFS RS/SC, 1995) e CQFS-RS/SC (2004), ambas dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Assim, a quantidade de DLS1X e DLS2X a ser aplicada foi definida pela estimativa da matéria seca (MS) e da concentração de nutrientes no dejetos. Já a quantidade de CSS1X e CSS2X aplicada foi calculada com base na mineralização de 50 % do N amoniacal contido no resíduo.

O volume de DLS e a quantidade de CSS aplicados durante o período experimental, assim como os macronutrientes contidos nos dejetos constam na Tabela 1.

Tabela 1. Volume de dejetos líquidos e quantidade de cama sobreposta de suínos aplicados no solo, e caracterização química dos dejetos durante o período experimental.

Ano agrícola	MS %	C/N ---	pH ---	CE ds m ⁻¹	VA ---	Ca	Mg	N	P	K
-----kg ha ⁻¹ -----										
2002/12	Dejetos líquidos de suínos (DLS)									
	2,3	4,4	8,1	9,3	539,0	68,8	26,4	126,3	37,9	62,8
2002/12	Cama sobreposta de suínos (CSS)									
	51,0	13,2	8,8	5,9	153,1	322,4	97,9	171,1	103,1	169,5

MS=massa seca; CE=condutividade elétrica; VA=volume aplicado, sendo para DLS em m³ ha⁻¹ e para CSS em Mg ha⁻¹. Para os dejetos, tem-se o somatório das quantidades totais aplicadas ao longo do período de 2002-2012. Para os demais parâmetros tem-se a média dos valores obtidos ao longo de 2002-2012. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os DLS e a CSS foram as únicas fontes de nutrientes adicionadas na superfície do solo em SPD para a sucessão aveia/milho ao longo do período experimental, que foi de 2002 até 2012 (Tabela 1). As doses de DLS, em cada ano agrícola, foram aplicadas na superfície do solo e parceladas em quatro vezes, totalizando 40 aplicações de DLS (dez anos de experimentação e quatro parcelamentos), a saber: a 1ª aplicação foi realizada na semana da semeadura do milho; a 2ª, aos 51 dias após a semeadura (DAS) do milho; a 3ª, aos 95 DAS do milho e a 4ª, aos 15 DAS da aveia. Para a CSS, foram realizadas dez aplicações durante o período experimental, sendo cada aplicação realizada na superfície do solo, em média, 15 a 30 dias antes da implantação de cada cultivo do milho (época do verão). Nos ciclos da aveia preta não foi realizada aplicação de CSS. Em relação ao rendimento das culturas utilizadas no experimento, tem-se a produção de MS da aveia e da produção de grãos de milho durante o período de dez anos de aplicação dos dejetos (Tabela 2).

Tabela 2. Produção média por safra de matéria seca de aveia e grãos de milho, em Mg ha⁻¹, ao longo de 10 anos de aplicação de dejetos de suínos.

Tratamentos	MS da aveia	MS de grãos de Milho
Testemunha	6,5	2,9
DLS1X	8,1 (25%)	5,0 (72%)
DLS2X	8,7 (34%)	5,5 (90%)
CSS1X	8,2 (26%)	5,6 (93%)
CSS2X	8,9 (37%)	6,0 (107%)

Testemunha= sem adubação com dejetos; DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X= cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. O número entre parênteses representa o aumento % em relação à testemunha. Fonte: Loss et al., (2017).

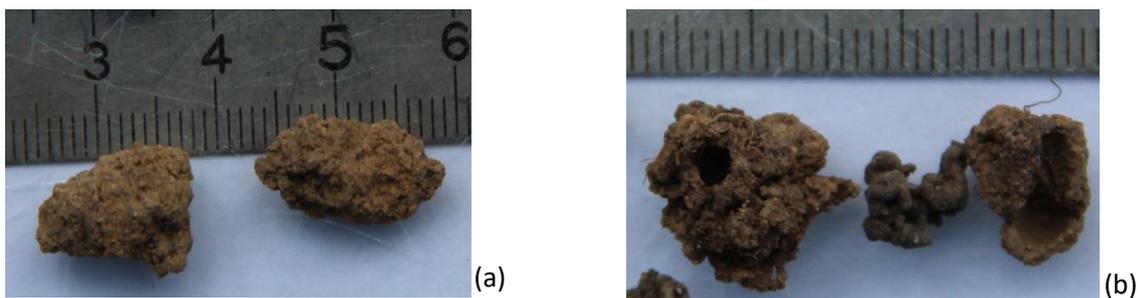
Avaliação da gênese dos agregados

Em cada tratamento foram coletadas, nas entrelinhas do milho, amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm de profundidade com auxílio de uma pá de corte, um enxadão e uma espátula. Após a coleta, as amostras foram ensacadas, etiquetadas e transportadas para o laboratório de Solos, Águas e Tecidos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina, onde 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, conforme Embrapa (1997). Após a

separação dos agregados, obtiveram-se três amostras compostas por tratamento avaliado, sendo cada amostra composta formada por duas amostras indeformadas simples coletadas em cada unidade experimental.

Para a separação dos agregados, conforme a via de formação, utilizaram-se os agregados contidos no intervalo de 9,5 a 4,0 mm. Estes foram observados sob microscópio binocular e separados, manualmente, conforme Velasquez et al. (2007) e Loss et al. (2014). A separação dos agregados foi feita através de padrões morfológicos, sendo os fisiogênicos, definidos por apresentarem formas angulares e subangulares (Figura 1a), 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 1b).

Figura 1. Agregados fisiogênicos (a) e biogênicos (b) de um Argissolo após aplicações de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos em Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Posteriormente, Loss et al. (2017) determinaram a contribuição relativa dos agregados em termos de massa, pesando-se todos os agregados biogênicos e fisiogênicos que foram identificados com lupa e, assim, quantificaram a fração de agregados fisiogênicos e biogênicos em relação à massa inicial, conforme consta na Tabela 3.

Tabela 3. Massa (g) e porcentagem (%) de agregados biogênicos e fisiogênicos nos diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.

Tratamentos	Prof. (cm)	¹ MAT	MAB	MAF	² %AB	%AF
TEST	0-5	906,3	297,9	608,5	33	67
	5-10	981,0	184,2	797,3	19	81
DLS1X	0-5	708,2	670,3	37,9	95	5
	5-10	723,9	429,6	294,3	59	41
DLS2X	0-5	1178,8	1099,9	78,9	93	7
	5-10	1395,2	1242,1	153,1	89	11
CSS1X	0-5	669,8	624,9	44,9	93	7
	5-10	919,2	509,7	399,5	55	43
CSS2X	0-5	736,1	669,0	67,3	91	9
	5-10	776,2	511,0	265,2	66	34

¹Compreende a massa de agregados total do solo antes da quantificação, conforme a sua origem, em agregados biogênicos e fisiogênicos. ²Compreende a porcentagem de agregados biogênicos e fisiogênicos relacionadas à massa total de agregados do solo após a sua separação em biogênicos e fisiogênicos. TEST = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. MAT = massa de agregados total do solo; MAB = massa de agregados biogênicos; MAF = massa de agregados fisiogênicos; AB = agregados biogênicos; AF = agregados fisiogênicos. Fonte: Adaptado pelos autores de Loss et al. (2017).

Após a separação e quantificação dos agregados (Tabela 3), para a avaliação química e física, os agregados foram destorroados e passados por peneira de 2,00 mm de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A composição granulométrica dos agregados biogênicos e fisiogênicos foi realizada por Mergen Junior et al. (2019), conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Composição granulométrica dos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC, Brasil.

Tratamentos	Argila		Silte		Areia	
	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis
0-5 cm						
Testemunha	144	225	300	236	556	540
DLS1X	116	169	329	278	555	552
DLS2X	142	163	295	288	562	550
CSS1X	80	163	306	270	613	567
CSS2X	72	120	353	311	575	570
5-10 cm						
Testemunha	137	213	295	245	568	541
DLS1X	129	221	282	239	589	540
DLS2X	138	148	323	309	539	543
CSS1X	172	200	251	240	578	561
CSS2X	164	191	294	249	542	560

Testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. Bio=biogênico, Fis=fisiogênico. Fonte: Adaptado pelo autores de Mergen Júnior et al. (2019).

No restante da TFSA dos agregados biogênicos e fisiogênicos foram determinados os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos agregados pelo método de combustão a seco, em autoanalisador de C e N, a 900°C (CHN-1000 da Leco) no Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) – Piracicaba, SP, Brasil.

Fracionamento granulométrico da matéria orgânica nos agregados

Cerca de 20 g de TFSA e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹) foram agitados durante 15 horas em agitador horizontal (Cambardella & Elliott, 1992). Em seguida, a suspensão foi passada em peneira de 53 µm com auxílio de jato de água. O material retido na peneira corresponde à MOP ou carbono orgânico particulado (COp) associado à fração areia. Esse material foi seco em estufa à 65°C, até peso constante, quantificado em relação a

sua massa, moído em gral de porcelana e analisado quanto ao teor de C segundo Yeomans & Bremner (1988) e o N segundo Tedesco et al. (1995). O material que passou pela peneira de 53 μm corresponde a MOM ou carbono orgânico associado aos minerais (COam) de silte e argila. Os teores de C-MOM e N-MOM foram obtidos por diferença entre os teores totais e da MOP (COT-CMOP e NT-NMOP).

Analises estatísticas

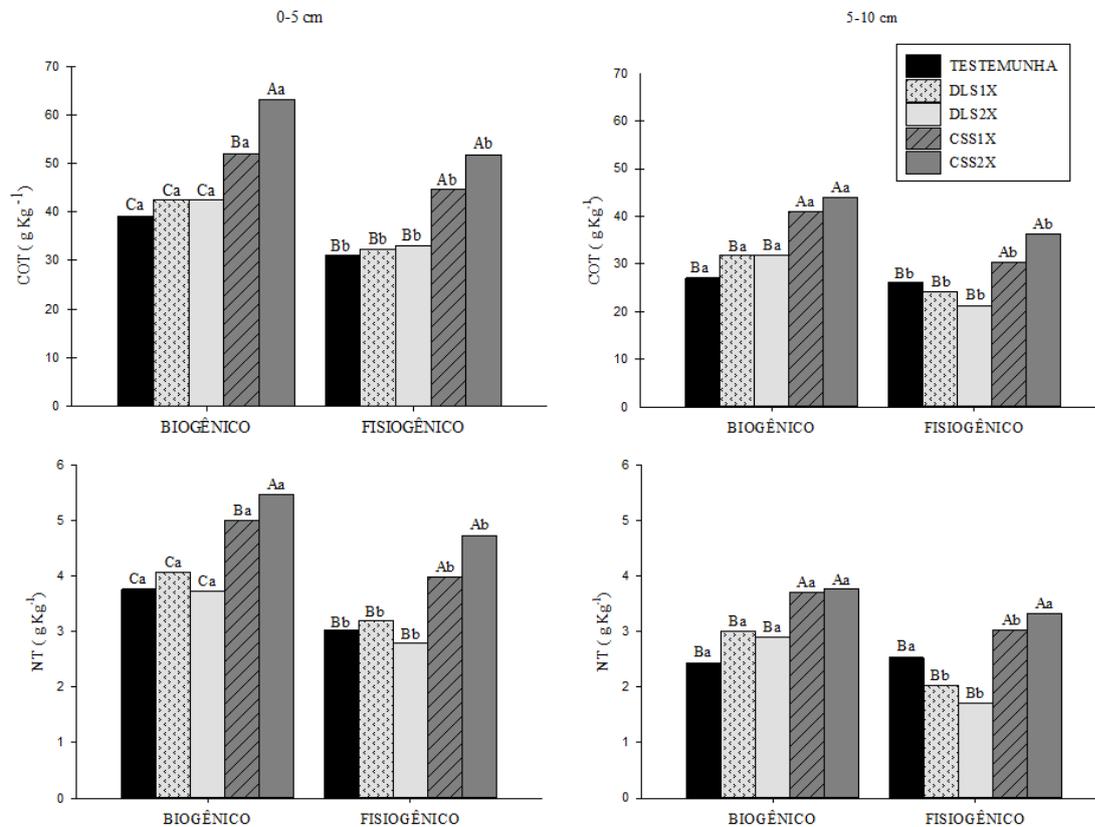
Os dados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Em seguida foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Scott-Knott a 5% entre os tratamentos para cada tipo de agregado. Entre as vias de formação, em cada tratamento, realizou-se o teste t-LSD a 5%, por meio do software Sisvar 5.6.

3. Resultados e Discussão

Teores de carbono e nitrogênio totais nos agregados do solo

Os teores de COT variaram de 27 a 63,2 g Kg^{-1} nos agregados biogênicos e de 21,2 a 51,9 g Kg^{-1} nos fisiogênicos (Figura 2). As variações nos teores de NT foram de 2,4 a 5,5 g Kg^{-1} e de 1,7 a 4,7 g kg^{-1} , para agregados biogênicos e fisiogênicos, respectivamente. Nos agregados biogênicos e fisiogênicos, tanto o COT como o NT foram maiores nos tratamentos com uso de CSS, nas duas profundidades. Os tratamentos com DLS e testemunha apresentaram os menores teores de COT e NT nas duas profundidades e não diferiram entre si. Quando comparados os teores de COT e NT entre as vias de formação de agregados, os biogênicos apresentaram maiores teores que os fisiogênicos em todos os tratamentos e profundidades, com exceção da testemunha e CSS2X para os teores de NT, que não diferiram entre si ($p < 0,05$) na camada de 5-10 cm.

Figura 1. Teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em agregados biogênicos e fisiogênicos de um Argissolo após aplicações de dejetos líquidos de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS), Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.



Testemunha= sem adubação com dejetos; DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X= cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado (teste Scott-Knott, $p < 0,05$) e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de agregados para cada tratamento (teste t-LSD, $p < 0,05$). Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A dinâmica dos teores de COT e NT é governada pelo aporte natural de resíduos vegetais no solo e pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas, bem como pela transformação contínua desses sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos. Os maiores teores de COT e NT nas áreas com CSS resultam dos maiores valores de massa seca desse resíduo (51% para CSS e 2,3% para DLS) e da relação C/N (13,2 para CSS e 4,4 para DLS) em comparação com os valores observados nos DLS (Tabela 2). Essa maior relação C/N acarreta em uma menor taxa de decomposição da MOS pelos microrganismos (Prescott, 2005; Giacomini & Aita, 2008) e, conseqüentemente, um aumento dos teores de COT e NT do solo nas áreas com uso de CSS em comparação as áreas com DLS e testemunha.

Esses resultados corroboram os de Brunetto et al. (2012) e Comin et al. (2013), que avaliaram os teores de COT em uma área de cultivo em SPD com a sucessão aveia/milho após oito anos de aplicação de diferentes quantidades e fontes de dejetos (DLS e CSS). Eles observaram que a aplicação de DLS, em geral, não alterou os teores de COT em comparação à testemunha, enquanto que a aplicação de CSS aumentou os teores de COT até os 20 cm de profundidade.

Outro estudo mostrou que o uso de DLS por longo tempo é mais eficiente em aumentar os teores de COT do solo que o fertilizante mineral (Mafra et al., 2014). Esses autores conduziram um experimento de longa duração (11 anos) em Campos Novos-SC, Brasil, em um Latossolo Vermelho Distroférrico (Oxisol) cultivado com a sucessão aveia preta/milho em SPD, utilizando a aplicação de DLS em doses a partir de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ em comparação com adubação mineral (NPK). Eles concluíram que as doses utilizadas aumentaram os estoques de COT no solo na ordem de 3,8; 6,2 e 9,1 Mg ha⁻¹, respectivamente, para as doses 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹, comparativamente à adubação mineral que teve um estoque total de 7,1 Mg ha⁻¹ na camada de 0-20 cm. Além disso, verificaram que o uso dos DLS também aumentou a adição de C pela fitomassa dos cultivos (milho e aveia-preta), assim como os coeficientes de humificação e de mineralização de COT do solo, em comparação com a adubação mineral.

O uso de DLS como fertilizante, nem sempre aumenta os teores de C e N (Comin et al., 2013, Dortzbach et al., 2013), mas proporciona o aumento da produção de matéria seca de aveia em até 34% e de grãos de milho em até 90%, em comparação à testemunha (Tabela 2). Uma área mais extensa de exploração do sistema radicular e maior produção de exsudatos radiculares que estimulam a biomassa microbiana, podem ter influenciado o resultado dos maiores teores de COT e NT nos agregados biogênicos em comparação aos fisiogênicos. A maior proporção de agregados biogênicos em comparação aos fisiogênicos (Tabela 3) também corroboram esses resultados.

Os maiores teores de COT e NT nos agregados biogênicos em comparação aos fisiogênicos ocorrem porque esses são formados principalmente pelos fatores fauna do solo e atividade do sistema radicular. Batista et al. (2013), avaliando a influência biológica na gênese dos agregados, mediram os teores de COT, estabilidade dos agregados e a macrofauna edáfica, em diferentes sistemas produtivos e em duas épocas do ano, e encontram correlação positiva entre os agregados biogênicos com os teores de COT e com a macrofauna edáfica, principalmente as minhocas. Os autores concluíram que além de diferenças morfológicas, os agregados também apresentam diferenças quanto a características químicas.

Loss et al. (2014) avaliaram a gênese dos agregados em SPD com 15 anos, SPC com 56 anos, floresta secundária (30 anos) e uma pastagem (30 anos). O SPC por 56 anos desfavoreceu a formação de agregados biogênicos, pois foram encontrados somente agregados fisiogênicos nesta área. Nestes agregados, o SPC reduziu os teores de COT, NT, carbono da fração humina (C-HUM), carbono da MOP e MOM em comparação às demais áreas avaliadas. No SPD, a sucessão soja/avevém favoreceu a formação de agregados, pois apresentou distribuição de agregados biogênicos e fisiogênicos semelhante à observada na área de floresta. Entre os agregados, os autores verificaram que os biogênicos foram mais eficientes no aumento da fertilidade do solo, NT, COT e teores de C das frações da MOS que os agregados fisiogênicos.

O uso de dejetos suínos também pode contribuir para os fatores que influenciam na formação de agregados biogênicos, com ênfase para o fator biológico. Morales et al. (2016) avaliaram, na mesma área deste estudo, a resposta da microbiota do solo após nove anos de aplicações sucessivas de dejetos suínos, os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) e respiração basal (RB). Os teores de CBM e RB foram superiores no tratamento com CSS, o que demonstra que as aplicações de dejetos suínos em longo prazo incrementaram a atividade microbiana do solo e o teor de matéria orgânica, principalmente quando aplicados na forma de CSS. Avaliando os teores de NT no solo após 10 anos de aplicação anual de DLS e fertilizante mineral (NPK) em Latossolo cultivado sob SPD com a sucessão aveia/milho, Grohskopf et al. (2015) observaram que a aplicação de DLS aumentou os teores de NT (0-10 cm) em relação a testemunha e em comparação a adubação mineral com as doses de 100 e 200 m³ ha⁻¹.

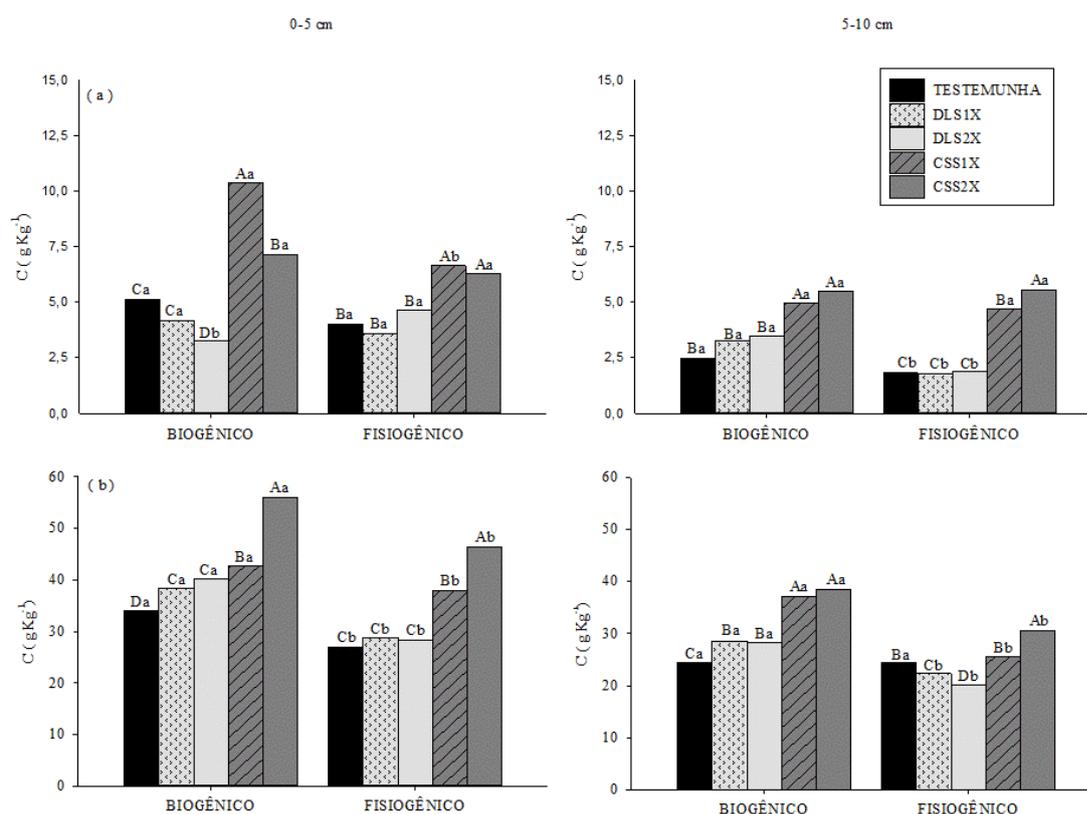
Os maiores teores de NT nos tratamentos com CSS e nos agregados biogênicos são correntes com os maiores teores de COT. Incrementos de NT no solo via aplicação dos dejetos, favorecem o acúmulo de COT, pois não ocorre aumento de COT no solo se a quantidade de N for limitante à produtividade biológica (Urquiaga et al., 2005).

Teores de carbono e nitrogênio das frações granulométricas da MO nos agregados

Os teores de C-MOP variaram de 2,5 a 10,4 g Kg⁻¹ nos agregados biogênicos e de 1,8 a 6,6 g Kg⁻¹ nos fisiogênicos. Para o C-MOM, as variações foram de 24,5 a 56,1 g Kg⁻¹ e de 20,2 a 46,5 g Kg⁻¹, para agregados biogênicos e fisiogênicos, respectivamente. Quanto aos teores de N-MOP, eles variaram de 0,4 a 1,4 g Kg⁻¹ nos agregados biogênicos e de 0,1 a 0,8 g

Kg^{-1} nos fisiogênicos. Para o N-MOM, as variações foram de 2,1 a 4,2 g Kg^{-1} e de 1,6 a 4,0 g Kg^{-1} , para agregados biogênicos e fisiogênicos, respectivamente (Figura 3).

Figura 3. Teores de carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) (a) e matéria orgânica mineral (C-MOM) (b) em agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm.



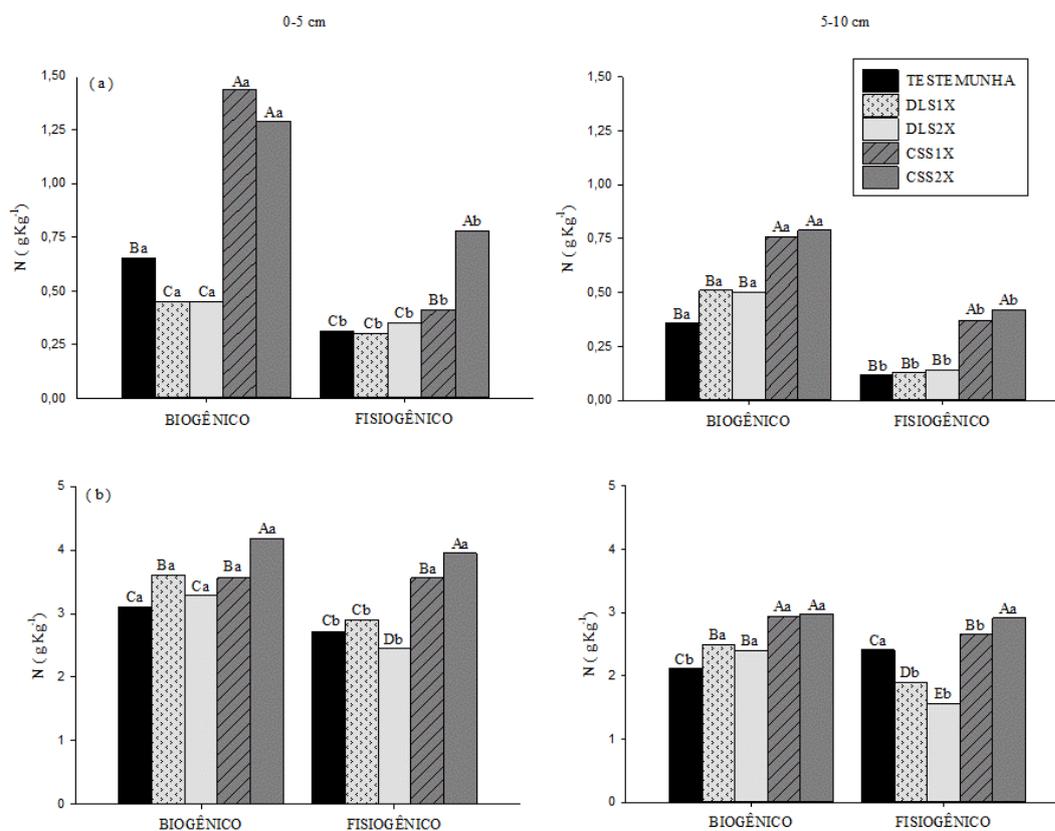
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado (teste Scott-Knott, $p < 0,05$) e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de agregados para cada tratamento (teste t-LSD, $p < 0,05$). Testemunha= sem adubação com dejetos; DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X= cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Nos dois tipos de agregados, os maiores teores de C-MOP e de C-MOM foram encontrados nas áreas com os tratamentos CSS e os menores nos demais tratamentos, para ambas as profundidades. Destaca-se para o C-MOM, que nos agregados biogênicos, para as duas profundidades, verificaram-se menores teores na testemunha em relação a DLS e CSS. Quando se comparam os teores de C-MOP nos tipos de agregados, verificaram-se diferenças apenas para dois tratamentos na profundidade de 0-5 cm, com maiores teores no tratamento

CSS1X para os biogênicos e maiores no DLS2X para os fisiogênicos. Na profundidade de 5-10 cm não foram encontradas diferenças entre os tipos de agregados para os tratamentos com CSS, já para DLS e testemunha, os teores foram maiores nos biogênicos. Para o C-MOM, quando se comparam os agregados, os teores dos biogênicos foram maiores que dos fisiogênicos nas duas profundidades, com exceção da testemunha, na profundidade de 5-10 cm, que não apresentou diferenças entre os agregados (Figura 3).

Nos agregados biogênicos e fisiogênicos, os maiores teores de N-MOP e N-MOM foram encontrados nas áreas com os tratamentos CSS e os menores nos demais tratamentos, para ambas as profundidades. Uma exceção é o N-MOM em agregados biogênicos, que no tratamento DLS1X (0-5 cm) não diferiu de CSS1X. O N-MOM nos agregados fisiogênicos teve os menores teores no tratamento DLS2X nas duas profundidades. Nos agregados biogênicos, assim como observado para o C-MOM, verificaram-se nas duas profundidades menores teores de N-MOM na testemunha em relação à DLS e CSS, com exceção ao tratamento DLS2X que não diferiu da testemunha (0-5 cm). Quando se comparam os agregados, os teores de N-MOP, nas duas profundidades, foram maiores nos biogênicos em comparação aos fisiogênicos. Com relação aos teores de N-MOM, na profundidade de 0-5 cm, verificaram-se diferenças apenas para a testemunha e DLS, com maiores teores nos agregados biogênicos. Já na profundidade de 5-10 cm, os teores de N-MOM foram maiores nos biogênicos dos tratamentos com DLS e CSS1X, não diferiram no tratamento CSS2X e foram maiores nos fisiogênicos para a testemunha (Figura 4).

Figura 4. Teores de nitrogênio da matéria orgânica particulada (N-MOP) (a) e matéria orgânica mineral (N-MOM) (b) em agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC, nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm.



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado (teste Scott-Knott, $p < 0,05$) e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de agregados para cada tratamento (teste t-LSD, $p < 0,05$). Testemunha= sem adubação com dejetos; DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X= cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os maiores teores de C e N da MOP no tratamento com aplicação de CSS, assim como C e N da MOM nos tratamentos com CSS e DLS, indicam que a adubação orgânica na forma de dejetos suínos é eficiente para aumentar os teores de C e N nestas frações. Tal aumento decorre da maior entrada de resíduos vegetais da aveia preta e do milho, pois, conforme observa-se na Tabela 2, tem-se maiores proporções de massa seca da aveia e grãos de milho nos tratamentos com DLS e CSS em comparação com a testemunha.

Os aumentos do C-MOP e N-MOP são decorrentes do aporte dos resíduos vegetais, os quais podem estar sendo favorecidos pela maior atividade microbiana nos tratamentos com CSS (Morales et al., 2016). Avaliando a aplicação de dejetos suínos e adubação mineral

(NPK) por 17 anos em Chernossolos e Cambissolos com sucessão milho/trigo, He et al. (2015) verificaram que o uso de dejetos suínos aumentou o conteúdo de C e N da MOP e MOM na camada de 0-20 cm em comparação à adubação mineral e área controle (sem adubação). Os autores relataram que o aumento do C e N na MOP e MOM foram devidos ao maior aporte de resíduos vegetais nas áreas adubadas com dejetos suínos, assim como também devido à maior atividade microbiana, que pode ter proporcionada maior decomposição dos resíduos vegetais para posterior formação da MOP e MOM.

De maneira geral, o fracionamento granulométrico permitiu evidenciar diferenças entre os tratamentos, porém diferente do comumente encontrado na literatura, onde o C-MOP é sempre mais sensível em elencar as diferenças entre os tratamentos que o C-MOM (Conceição et al., 2005; Salton et al., 2005; Blair et al., 2006; Loss et al., 2009, Loss et al., 2012; Mafra et al., 2015). Neste estudo, o C-MOM e N-MOM foram eficientes para identificar diferenças entre os tratamentos, com ênfase entre a testemunha e DLS, o que não foi possível observar somente com o C-MOP (Figura 3), N-MOP (Figura 4), COT e NT (Figura 2). Segundo He et al. (2015), o C-MOM e N-MOM são frações associadas aos minerais (tamanho silte e argila) e, principalmente, são encontradas no solo sequestradas na forma de húmus. No estudo desses autores, maiores teores de C-MOM e N-MOM foram encontrados no tratamento com DLS por 17 anos em comparação com áreas adubadas com NPK e área controle (sem adubação).

A fração do C-MOM e N-MOM são as que contêm a maior proporção do C e N em comparação ao C-MOP e N-MOP, pois há uma forte interação da MOS com fração de argila, o que aumenta a proteção e estabilização dessa MOS, principalmente quando está no interior dos agregados do solo (Cambardella & Elliott, 1992). Após 44 anos de aplicação de dejetos de animais, Courtier-Murias et al. (2013) verificaram que a fração associada aos minerais (MOM) foi a que mais acumulou carbono no solo, com cerca de 70%. No presente estudo também foram encontradas maiores proporções do C e N na MOM em comparação a MOP (Figuras 3 e 4), indicando que a maior parte do C e N está na forma mais estável e protegida no interior dos agregados biogênicos e fisiogênicos. Entre os agregados, de maneira geral, tem-se maiores conteúdos de C-MOM e N-MOM, assim como C-MOP e N-MOP nos agregados biogênicos, o que sugere que esta classe de agregados favorece a estabilização e proteção do C e N.

4. Considerações Finais

As aplicações de CSS por 10 anos aumentaram os teores de COT, NT, C-MOP, N-MOP, C-MOM e N-MOM em relação à testemunha e os tratamentos com DLS.

O uso de DLS e CCS, equivalente a recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho nas doses de 90 e 180 kg ha⁻¹, aumentou os teores de C e N nos agregados biogênicos em comparação aos fisiogênicos.

Os agregados biogênicos acumulam mais C e N total e das frações granulométricas da MOS em comparação aos fisiogênicos.

Referências

Batista, I., Correia, M. E. F., Pereira, M. G., Bieluczyk, W., Schiavo, J. A., & Mello, N. A. (2013). Caracterização dos agregados em solos sob cultivo no cerrado, MS. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4), 1535–1548. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1535>

Blair, N., Faulkner, R. D., Till, A. R., Korschens, M., & Schulz, E. (2006). Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. *Soil and Tillage Research*, 91(1–2), 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.11.001>

Brunetto, G., Comin, J. J., Schmitt, D. E., Guardini, R., Mezzari, C. P., Oliveira, B. S., ... Ceretta, C. A. (2012). Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 36(5), 1620–1628. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500026>

Cambardella, C. A., & Elliott, E. T. (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, 56(3), 777. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>

Christensen, B.T. (1996). *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. In:

Carter, M. R., & Chemical Rubber Company (Orgs.). Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton: Lewis.

Comin, J. J., Loss, A., Veiga, M., Guardini, R., Schmitt, D. E., Victoria de Oliveira, P. A., Brunetto, G. (2013). 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*, 51(5), 459. <https://doi.org/10.1071/SR13130>

CFS-RS/SC. Comissão De Fertilidade Do Solo. (1995). *Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3^a.ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa; 224p.

CQFS-RS/SC. Comissão De Química E Fertilidade Do Solo (2004). *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10a.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 400p.

Conceição, P. C., Amado, T. J. C., Mielniczuk, J., & Spagnollo, E. (2005). Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(5), 777–788. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000500013>

Courtier-Murias, D., Simpson, A. J., Marzadori, C., Baldoni, G., Ciavatta, C., Fernández, J. M., Plaza, C. (2013). Unraveling the long-term stabilization mechanisms of organic materials in soils by physical fractionation and NMR spectroscopy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 171, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.010>

Dortzbach, D.; Araujo, I.S.; Pandolfo, C.; Veiga, M (2013). Carbono e nitrogênio no solo e na biomassa microbiana em glebas com diferentes usos e períodos de aplicação de dejetos líquidos de suínos. *Agropecuária Catarinense* 26, 69-73.

Embrapa (1997). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de Métodos de análise de solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro, 212p.

Embrapa (2013). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ªed. (Brasília) Embrapa Produção de informação, Embrapa Solos, 353p.

Epagri (2000). *Inventário das Terras da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Coruja-Bonito, Município de Braço do Norte, SC*. CD-ROM.

Giacomini, S. J., & Aita, C. (2008). Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1), 195–205. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100019>

Giacomini, S. J., Aita, C., Pujol, S. B., & Miola, E. C. C. (2013). Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(2), 211–219. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200012>

Giehl, A.L.; & Mondardo, M. (2019). Produção de suínos em Santa Catarina: uma análise da regionalização dos abates (2013-2018). *Anais dos resumos do XIII Encontro de Economia Catarinense, Transformações no mundo do trabalho, Crisciúma, SC*. Edição online.

Golchin, A., Oades, J., Skjemstad, J., & Clarke, P. (1995). Structural and dynamic properties of soil organic-matter as reflected by ¹³C natural-abundance, pyrolysis mass-spectrometry and solid-state ¹³C NMR-spectroscopy in density fractions of an oxisol under forest and pasture. *Soil Research*, 33(1), 59. <https://doi.org/10.1071/SR9950059>

Grohskopf, M. A., Cassol, P. C., Correa, J. C., Mafra, M. S. H., Panisson, J., Grohskopf, M. A., Panisson, J. (2015). Organic nitrogen in a typical hapludox fertilized with pig slurry. *Revista*

Brasileira de Ciência Do Solo, 39(1), 127–139. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcS20150080>

Jouquet, P., Zangerle, A., Rumpel, C., Brunet, D., Bottinelli, N., & Tran Duc, T. (2009). Relevance and limitations of biogenic and physicogenic classification: A comparison of approaches for differentiating the origin of soil aggregates. *European Journal of Soil Science*, 60(6), 1117–1125. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01168.x>

Kunz, A; Perdomo, C.C.; Oliveira, P.A. (2003). *Sistema de tratamento de dejetos suínos - Inventário Tecnológico*. Concórdia.SC: Embrapa Suínos e Aves (Série Documentos, 85).

Junior, C. A. M., Loss, A., Junior, E. dos S., Ferreira, G. W., Comin, J. J., Lovato, P. E., & Brunetto, G. (2019). Atributos químicos em agregados biogênicos e fisiogênicos de solo submetido à aplicação com dejetos suínos—. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, 14(1), 5620. Doi:10.5039/agraria.v14i1a5620

Loss, A., Pereira, M. G., Schultz, N., Anjos, L. H. C. dos, & Silva, E. M. R. da. (2009). Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. *Ciência Rural*, 39(4), 1067–1072. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000036>

Loss, A., Pereira, M. G., Schultz, N., Anjos, L. H. C. dos, & Silva, E. M. R. da. (2010). Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. *Bragantia*, 69(4), 913–922. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400018>

Loss, A., Pereira, M. G., Perin, A., Coutinho, F. S., & Cunha dos Anjos, L. H. (2012). Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. *Soil Research*, 50(8), 685. <https://doi.org/10.1071/SR12196>

Loss, A., Pereira, M. G., Costa, E. M., & Beutler, S. J. (2014). Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural ^{13}C and ^{15}N abundance in biogenic and physiocogenic aggregates in areas under different land use systems. *Soil Research*, 52(7), 685. <https://doi.org/10.1071/SR14045>

Loss, A., Lourenzi, C. R., dos Santos, E., Mergen, C. A., Benedet, L., Pereira, M. G., ... Comin, J. J. (2017). Carbon, nitrogen and natural abundance of ^{13}C and ^{15}N in biogenic and physiocogenic aggregates in a soil with 10 years of pig manure application. *Soil and Tillage Research*, 166, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.10.007>

Lourenzi, C. R., Ceretta, C. A., Silva, L. S. da, Giroto, E., Lorensini, F., Tiecher, T. L., ... Brunetto, G. (2013). Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 37(1), 157–167. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100016>

Mafra, M. S. H., Cassol, P. C., Albuquerque, J. A., Correa, J. C., Grohskopf, M. A., & Panisson, J. (2014). Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos e cultivado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(8), 630–638. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800007>

Mafra, M. S. H., Cassol, P. C., Albuquerque, J. A., Grohskopf, M. A., Andrade, A. P., Rauber, L. P., ... Friederichs, A. (2015). Organic carbon contents and stocks in particle size fractions of a typic hapludox fertilized with pig slurry and soluble fertilizer. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 39(4), 1161–1171. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140177>

Mergen Junior, C.A., Loss, A., Santos Junior, E., Ferreira, G.W., Comin, J.J., Lovato, P.E., Brunetto, G. (2019). Atributos químicos em agregados biogênicos e fisiogênicos de solo submetido à aplicação com dejetos suínos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, 14(1). Doi:10.5039/agraria.v14i1a5620.

Morales, D., Vargas, M. M., Oliveira, M. P., Taffe, B. L., Comin, J., Soares, C. R., & Lovato, P. (2016). Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. *Ciência Rural*, 46(2), 260–266. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140565>

Prescott, C. E. (2005). Decomposition and mineralization of nutrients from litter and humus. In H. BassiriRad (Org.), *Nutrient Acquisition by Plants* (Vol. 181, p. 15–41). https://doi.org/10.1007/3-540-27675-0_2

Pulleman, M. M., Six, J., Uyl, A., Marinissen, J. C. Y., & Jongmans, A. G. (2005). Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 29(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.10.003>

Salton, J. C; Mielniczuk, J; Bayer, C; Fabricio, A. C; Macedo, M. C. M; Broch, D. L; Boeni, M; Conceição, P. C (2005). *Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 58p.

Tedesco, M.J.; Gianello, C.; Bissani, C.A.; Bohnen, H. & Volkweiss, S.J (1995). *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGSC/ Departamento de solos, 174p.

Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Zotarelli, L., Alves, B.J.R., Boddey, R.M (2005). *Manejo de sistemas agrícolas para o sequestro de carbono no solo*. In: Aquino, A.M., Assis, R.L. (Eds.), *Conhecimentos e técnicas avançadas para o estudo dos processos da biota no sistema solo-planta*. Embrapa, Brasília, DF, 257-273.

Velasquez, E., Pelosi, C., Brunet, D., Grimaldi, M., Martins, M., Rendeiro, A. C., & Lavelle, P. (2007). This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates. *Pedobiologia*, 51(1), 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2007.01.002>

Ventura, B. S.; Loss, A.; Giumbelli, L. D.; Ferreira, G. W.; Bueno, A. C.; Lourenzi, C. R.; Brunetto, G.; & Comin, J. J. (2018). Carbon, nitrogen and humic substances in biogenic and physicogenic aggregates of a soil with a 10-year history of successive applications of swine waste. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 21, 329-343.

Vezzani, F. M., & Mielniczuk, J. (2009). Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(4), 743–755. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>

Yeomans, J. C., & Bremner, J. M. (1988). A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19(13), 1467–1476. <https://doi.org/10.1080/00103628809368027>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Barbara Santos Ventura – 20%

Arcângelo Loss – 20%

Jucinei José Comin – 15%

Camilo Mendes Sepulveda – 15%

Paulo Emílio Lovato – 15%

Gustavo Brunetto – 15%