



Proteção física da matéria orgânica em agregados de solo tratado sucessivamente com lodo de esgoto⁽¹⁾.

Rimena Ramos Domingues⁽²⁾; Cristiano Alberto de Andrade⁽³⁾; Cristina Silva Carvalho⁽⁴⁾; Aline Renée Coscione⁽⁵⁾; Isabella Clerici De Maria⁽⁵⁾.

(1) Trabalho executado com recursos de CAPES, CNPq e FAPESP. (2) Estudante de Doutorado; Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, rimena_r@yahoo.com.br; (3) Pesquisador; Embrapa Meio Ambiente; Jaguariúna, SP. (4) Bolsista de Pós-Doutorado; Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. (5) Pesquisador, Instituto Agronômico, Campinas, SP.

RESUMO: A avaliação da matéria orgânica associada aos agregados é uma das possíveis formas de estudar a sua dinâmica, uma vez que os níveis de hierarquia, representados pelos tamanhos dos agregados, refletem o tempo e a estabilidade da matéria orgânica. Objetivou-se avaliar a proteção física na estabilidade da matéria orgânica em agregados de solo que foi tratado sucessivamente com lodo de esgoto, acumulando diferentes quantidades de carbono. Porções de agregados separados em 4 classes de tamanho e a fração mineral (<0,053) foram incubada intactas e moídas (<0,150 mm), com quantificação do C-CO₂ liberado e retido em uma solução de NaOH por meio de leitura da condutividade elétrica. Agregados maiores que 0,25mm apresentaram menor teor de C total, mas quando moídos apresentaram aumento do C potencialmente mineralizável. Nos microagregados (0,25 a 0,053mm) a eficiência da proteção física foi menor que nos macroagregados. A oclusão da matéria orgânica em macroagregados mostrou-se um importante mecanismo de proteção contra a degradação microbiana.

Termos de indexação: carbono potencialmente mineralizável, macroagregados, microagregados.

INTRODUÇÃO

Para que ocorra incremento de MOS no solo é necessário aumentar a deposição de resíduos orgânicos ao solo e diminuir as vias de saídas de C, correspondentes às perdas por mineralização, lixiviação de compostos orgânicos solúveis e erosão (Paustian, 1997; Davidson & Janssens, 2006). Em função do conteúdo orgânico do lodo e do processo de mineralização após sua aplicação no solo (Andrade et al., 2006), o remanescente de MO proveniente desse resíduo e/ou a MO originada em função de sua aplicação pode representar uma forma de reserva ou sequestro de carbono (Yang et al., 2004).

A associação com os minerais e a proteção física em agregados do solo são importantes mecanismos que atuam no aumento da capacidade de armazenamento de C (Christensen, 2001). Como consequência do processo de formação de

agregados, parte da MOS se torna protegida fisicamente e sua mineralização é dificultada pelo acesso limitado aos microrganismos e suas enzimas e pela menor difusão de O₂ e água (Christensen, 1996). A avaliação da matéria orgânica associada aos agregados é, portanto, uma das possíveis formas de estudar a sua dinâmica, uma vez que os níveis de hierarquia, representados pelos tamanhos dos agregados, refletem o tempo e a estabilidade da matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Latossolo Vermelho distroférico com textura argilosa (Embrapa, 2006).

O experimento, instalado em 1999, foi conduzido até 2003 com 6 aplicações sucessivas de lodo de esgoto para o cultivo do milho. O lodo utilizado foi proveniente da ETE de Barueri-SP e foi incorporado em área total na camada 0 – 0,2 m. Foram aplicadas as doses de 60, 120, 180 e 240 t ha⁻¹ (base seca), sendo a dose de 60 t ha⁻¹ a quantidade para suprir 120 kg ha⁻¹ de N para a cultura do milho, considerando a taxa de mineralização do N de 30% (Conama, 2006). Os tratamentos foram constituídos pelo controle e pelas quatro doses de lodo de esgoto, distribuídos em parcelas de 10 x 20 m em delineamento de blocos ao acaso, com três blocos.

Tratamentos e amostragens

Foram coletados blocos inteiros de solo nas camadas 0-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. O solo seco foi passado em peneira com malha de 9,52 mm de abertura e, em seguida, fracionado em classes de agregado pelo método de peneiramento a seco, em um conjunto de peneiras com malhas de 4,00; 2,00; 0,25 e 0,053 mm. Após o fracionamento, quantificou-se a massa dos agregados de dimensões entre 9,52 e 4,00 mm, 4,00 e 2,00 mm, 2 e 0,250 mm, 0,250 e 0,053 mm e < 0,053 mm.

As análises de C e de N foram feitas por combustão seca em analisador elementar - LECO CN. Para avaliar o processo de degradação da matéria orgânica, amostras de 100g dos agregados foram incubadas pelo método de respirometria, com quantificação do C-CO₂ liberado e capturado em uma solução de NaOH, com posterior leitura da

condutividade elétrica (Coscione & Andrade, 2006). Os valores de CO₂ liberado foram acumulados no tempo e ajustados à equação de cinética química de primeira ordem para obtenção do carbono potencialmente mineralizável. Para verificar o possível efeito da proteção física dos agregados na degradação da matéria orgânica, foram incubadas amostras intactas e as correspondentes moídas a 0,150 mm. Calculou-se o carbono protegido de acordo com a seguinte equação: C protegido = ((C0 agregado moído – C0 agregado intacto)/ C0 agregado moído x 100)).

Análise estatística

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância e posterior regressão para o efeito das doses e teste de Tukey 5% para as classes de agregado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classe de agregado com diâmetro entre 2,00 – 0,25 mm predominou na massa total do solo em todas as camadas (**Figura 1**). A menor participação em termos de massa foi a da classe < 0,053 mm, cujo valor médio foi inferior a 2% da massa total do solo (**Figura 1**).

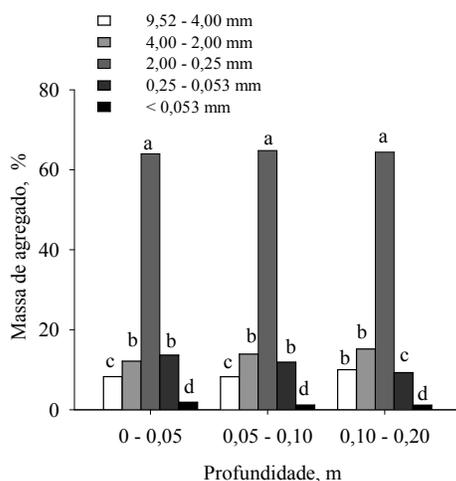


Figura 1. Distribuição da massa do solo em classes de agregado nas camadas 0 – 0,05 m; 0,05 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

Em cada classe de agregado, os teores de C e N aumentaram linearmente em função das doses de lodo de esgoto aplicadas. Mas não houve interação entre as doses e as classes de agregado para os teores de C e N em todas as camadas. Dessa forma,

neste trabalho serão apresentados os resultados obtidos para os macro e microagregados sem considerar o efeito dos tratamentos aplicados. A classe < 0,053 mm apresentou o maior teor de C (**Figura 2A**) e N (**Figura 2B**), seguida da classe 0,25 – 0,053 mm. As demais classes de agregado, com diâmetro maior que 0,25 mm e classificadas como macroagregados, não diferiram entre si. O fato dos macroagregados apresentarem menores teores de C em comparação com os microagregados provavelmente deve-se a qualidade da matéria orgânica presente. A matéria orgânica que mantém os macroagregados unidos é menos humificada, ou seja, mais lábil, tornando a manutenção dos teores dependentes da adição constante de resíduos orgânicos ao solo (Puget et al., 2000). De acordo com Bayer (1996), em regiões tropicais, a taxa de decomposição da matéria orgânica da fração mais grosseira é quatro vezes superior a da fração < 0,05 mm e representa aproximadamente 80% do carbono orgânico total do solo. Diante desses aspectos, o elevado teor de óxidos atuando como o principal agente de estabilização de C no solo estudado e o fato da área experimental se encontrar há aproximadamente nove anos sem nova aplicação de lodo, resultaram em menores teores de C encontrados nos macroagregados.

Nos agregados intactos, os maiores valores de carbono potencialmente mineralizável (C0) foram verificados nos agregados de 0,25 – 0,053 mm (**Figura 3**) e < 0,053, cujos valores foram 558,67; 506,15; 558,63 mg kg⁻¹, respectivamente para 0 – 0,05; 0,5 – 0,10; 0,10 – 0,20 m. Entretanto, com a moagem, verifica-se um aumento nos teores de C0 nos macroagregados, cujos valores se igualam aos teores de C0 da classe 0,25 – 0,053 mm. Embora as classes 0,25 – 0,053 e < 0,053 mm apresentem os maiores teores de C total (**Figura 2A**) e C0 (**Figura 3A, 3B e 3C**), quando se avaliam os teores ponderados pelas respectivas massas, constata-se que a classe com diâmetro entre 2,00 – 0,25 mm, a qual detém aproximadamente de 65% da massa total do solo (**Figura 1**), é a classe com a maior contribuição para a emissão de C-CO₂ do solo (**Figura 3D, 3E e 3F**).

Os valores de C0 dos macroagregados (> 0,25mm) moídos foram significativamente superiores em comparação às amostras intactas, independente da dose de lodo aplicada e em todas as camadas (**Figura 3 A, 3B e 3C**). Em microagregados (< 0,25mm), o rompimento do agregado pela moagem não induziu o aumento do C0 (**Figura 3A, 3B e 3C**). Macroagregados são de



fato estruturas efetivas na proteção física da matéria orgânica contra o ataque dos microrganismos e suas enzimas e a difusão de água e ar (Tisdall & Oades, 1982). Além disso, pela quantidade de C mineralizado após a quebra dos macroagregados, é possível concluir que parte da matéria orgânica oclusa é prontamente disponível para os microrganismos. Verifica-se ainda que em não há proteção física da matéria orgânica no interior de microagregados. Uma das possíveis explicações é que em microagregados há o predomínio de minerais de argila e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, responsáveis pela forte interação com o húmus e que, mesmo com a quebra do agregado, a mineralização do C não aumenta (Bayer, 1996).

A eficiência da proteção física de cada classe de agregado é evidenciada na **figura 4**. Observa-se que agregados maiores de 2,00 mm são mais efetivos em proteger a matéria orgânica em seu interior.

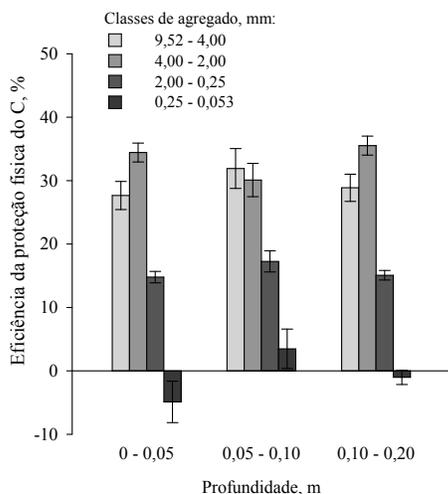


Figura 4. Eficiência da proteção física do C em classes de agregado nas camadas 0 – 0,05 m; 0,05 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m.

CONCLUSÕES

A oclusão da matéria orgânica em macroagregados é um importante mecanismo de proteção contra a degradação microbiana. Em microagregados (< 0,25 mm) a estabilidade da matéria orgânica é pouco dependente da proteção física.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, CAPES e CNPq pelo auxílio financeiro e bolsas. Ao IAC e Embrapa Meio

Ambiente pela a estrutura necessária para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.A.; OLIVEIRA, C. & CERRI, C.C. Degradation kinetics of biosolids organic matter after soil application and its relationship with initial chemical composition. *Bragantia*, Campinas, 65:659-668, 2006.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo do solo. Porto Alegre, 1996. 202p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, UFRGS .

CHRISTENSEN, B.T. Carbon in primary and secondary organo-mineral complexes. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.) *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Boca Raton: CRC Press, 1996. p.97-165.

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, 52:345-353, 2001.

COSCIONE, A.R. & ANDRADE, C.A. Protocolos para avaliação da dinâmica de resíduos orgânicos no solo. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. *Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. p.159-177.

DAVIDSON, E.A. & JANSSENS, I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440: 165-173, 2006.

PAUSTIAN, K.; ANDRÉN, O.; JANZEN H.H.; LAL, R.; SMITH, P.; TIAD, G.; TIESSEN, H.; VAN NOORDWIJK, M. & WOORNER, P.L. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use and Management*, 13: 230-244, 1997.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, 33:141-163, 1982.

YANG, H., XU, Z. & FAN, M. Progress in carbon dioxide separation and capture: A review, *Journal of Environmental Sciences*, 20:14-27, 2004.

PUGET, P., CHENU, C. & BALESDENT, J. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *European Journal of Soil Science*, 51:595-605,2000.

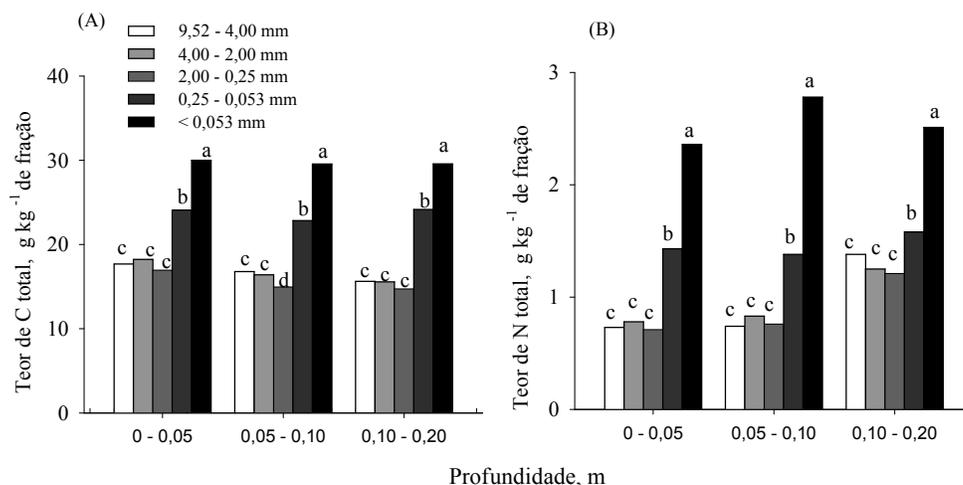


Figura 2. Teores totais de carbono (A) e nitrogênio (B) nas classes de agregado de um solo submetido a aplicações sucessivas de lodo de esgoto, nas camadas 0 – 0,05 m; 0,05 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m. Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

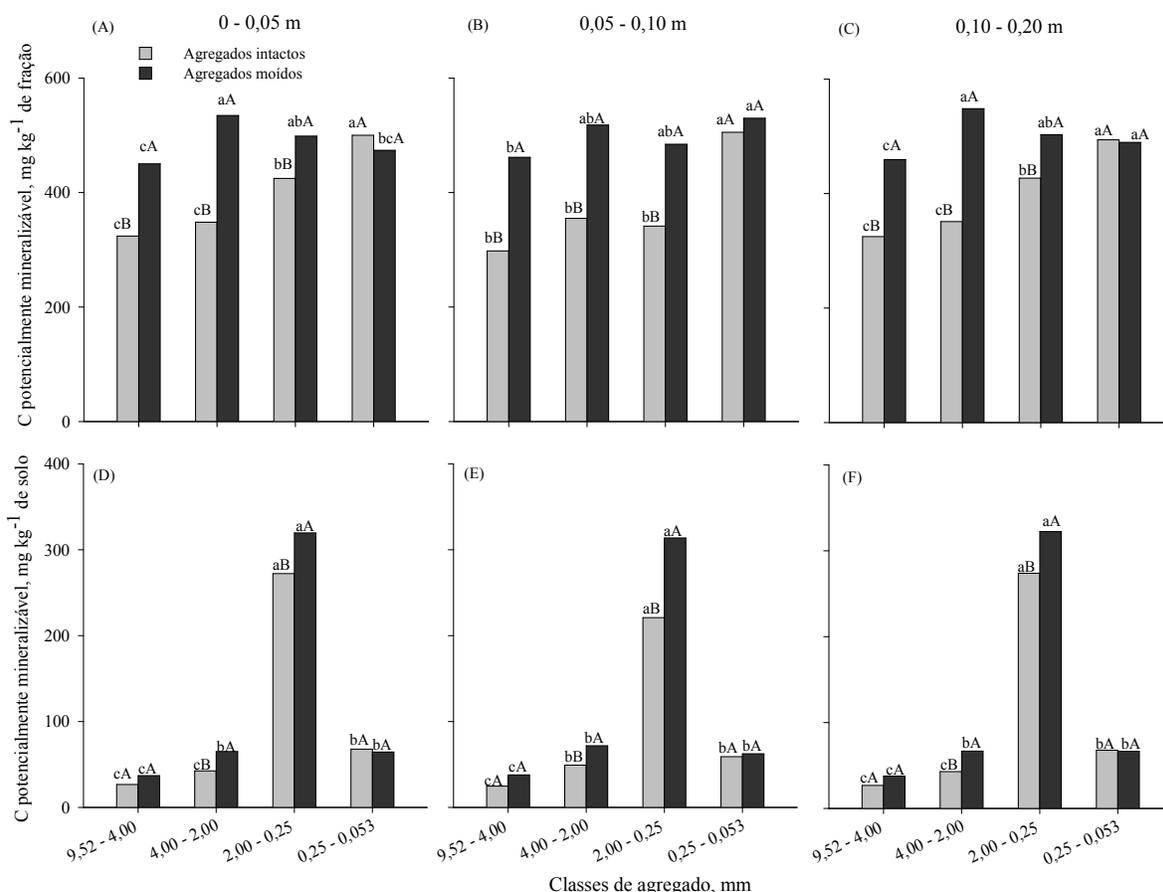


Figura 3. Teor de carbono potencialmente mineralizável nas classes de agregados intactos e moídos nas camadas 0 – 0,05 m (A); 0,05 – 0,10 m (B); 0,10 – 0,20 m (C) e quantidade de carbono potencialmente mineralizável nas camadas 0 – 0,05 m (D); 0,05 – 0,10 m (E); 0,10 – 0,20 m (F) Barras com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam a condição intacto e moído do agregado e letras minúsculas comparam classes de agregado.