

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Caracterização, Aproveitamento e
Geração de Novos Produtos
de Resíduos Agrícolas,
Agroindustriais e
Urbanos

EDITORES

Débora Marcondes Bastos Pereira Milori
Ladislau Martin Neto
Wilson Tadeu Lopes da Silva
José Manoel Marconcini
Victor Bertucci Neto

Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 2107 2902
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: João de Mendonça Naime
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Sandra Protter Gouvea
Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Camila Fernanda Borges
Capa: Camila Fernanda Borges
Editoração eletrônica: Camila Fernanda Borges

1ª edição

1ª impressão (2010): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação

C257 Caracterização, Aproveitamento e Geração de Novos Produtos de Resíduos Agrícolas,
Agroindustriais e Urbanos. / Débora Marcondes B. P. Milori, Ladislau Martin-Neto,
Wilson Tadeu Lopes da Silva, José Manoel Marconcini, Victor Bertucci Neto editores. -- São
Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2010.
154 p.

ISBN:

1. Reciclagem. 2. Meio ambiente. 3. Agricultura. 4. Agroenergia. 5. Novos materiais.
6. Seqüestro de carbono. 7. Solos. 8. Lodo de esgoto. 9. Substância húmicas. 10. Águas
residuárias. I. Milori, Débora Marcondes B. P. II. Martin-Neto, Ladislau.
III. Silva, Wilson Tadeu Lopes da. IV. Marconcini, José Manoel. V. Bertucci Neto, Victor.

CDD 21 ED 628.4458
631
363.7

© Embrapa 2010



AVALIAÇÃO DE COMPORTAMENTO DE CARBONO DO SOLO EM ÁREAS SOB ADIÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Bruno Henrique Martins^{1,2} Sérgio Gaiad³, Débora Marcondes Bastos Pereira Milori¹, Ladislau Martin-Neto⁴

(1) Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, Brasil; e-mail: brunohm@cnpdia.embrapa.br

(2) Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP), São Carlos, SP, Brasil

(3) Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil

(4) Embrapa Labex, Beltsville, Maryland, USA

Resumo - Nos últimos anos, a prática de uso de lodo de esgoto (LE) como condicionador de solos em sistemas agro florestais tem se mostrado uma alternativa ambiental, evitando sua disposição em aterros. O presente estudo avalia o comportamento do C (teor e grau de humificação de matéria orgânica de solo (MOS)) em áreas sob adição de LE, comparando com áreas não acondicionadas, em dois campos experimentais, analisando sobre seu uso sustentável como ferramenta de mitigação de gases de efeito estufa e sequestro de carbono. Os dados obtidos demonstram comportamentos inversos entre os parâmetros analisados em ambas as fazendas, denotando a necessidade de continuidade de experimentos de campo.

Palavras-chave: Matéria Orgânica de Solo (MOS), Lodo de Esgoto (LE), Teor de Carbono, Análise Elementar, Fluorescência Induzida por Laser (FIL)

Introdução

De acordo com dados do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), nos últimos anos a emissão de gases do efeito estufa, na sua maior parte CO₂, tem aumentado em cerca de 70%, conseqüente à ação antropogênica, sendo em grande parte relacionada a manejos agrícolas incorretos, agravando dessa maneira o cenário de aquecimento global. O solo, dependendo do tipo de manejo empregado, tem função tanto de fonte emissora quanto sumidouro de CO₂ atmosférico (SINGH et al., 2009). Segundo Kukal et al. (2009), atividades agrícolas exercem profunda influência no conteúdo de carbono orgânico do solo, tanto em longo quanto em curto prazo.

Plantas terrestres fixam dióxido de carbono (CO₂) na forma de compostos orgânicos através do mecanismo de fotossíntese, também conhecido, em nível de ecossistema, como produção primária bruta (do inglês gross primary production, "GPP"), no que diz respeito ao fluxo de carbono. O GPP terrestre representa o maior fluxo global de carbono, sendo responsável por algumas atribuições tais como respiração e crescimento (BEER et al., 2010).

Ainda, de acordo com os mesmos, juntamente com o processo de respiração, o GPP representa um dos principais mecanismos de controle da troca de CO₂ entre solo e atmosfera, propiciando a capacidade de compensação do montante de dióxido de carbono emitido pelas atividades antropogênicas

Em complemento, Suddick et al. (2010), afirmam que práticas de manejo influenciam tanto a entrada de C orgânico no solo, através de adição de condicionadores orgânicos (input), quanto a saída de C (output), por sua decomposição, e, conseqüente, emissão para atmosfera na forma de CO₂. Contudo, no momento em que o output torna-se maior que o input, existirá uma maior emissão de CO₂ e seguinte declínio no conteúdo de matéria orgânica do solo.

Algumas práticas de uso do solo têm oferecido a possibilidade de redução de emissão e seqüestro de CO₂ (BARRETO et al., 2009). Assim, tem crescido o interesse do homem na capacidade apresentada pelos solos e sistemas agrícolas em seqüestro de carbono em compostos orgânicos, como ferramenta de mitigação e redução da emissão de CO₂ para

atmosfera (BUSSE et al., 2009).

O uso de lodo de esgoto como condicionador de solo e fonte de macro e micro nutrientes tem se mostrado uma técnica promissora como reutilização deste passivo (FERNANDEZ et al., 2009). Segundo os mesmos, tal material é rico em carbono orgânico e representa, dentre outros atributos, fonte de matéria orgânica, e, se manejado corretamente, tem a capacidade de restaurar a fertilidade em solos agrícolas degradados sob atividade intensa de plantio de culturas.

A influência do lodo de esgoto junto à fertilidade ocorre por sua ação em propriedades químicas, físicas e biológicas do solo; além de ter o potencial de recuperação de estrutura solo pela incorporação de material orgânico (RATHOD et al., 2009).

Assim sendo, tendo em vista seu teor de matéria orgânica e elementos químicos, o lodo de esgoto tem sido estudado como fonte de carbono e nutrientes na agricultura, sendo considerada uma alternativa de baixo custo para sua disposição (PATHAK, et al., 2009; LIMA, et al., 2009).

Dessa maneira, o propósito deste estudo é avaliar o comportamento de carbono do solo, em termos de conteúdo e grau de humificação de MOS, em áreas sob adição de LE (em comparação com áreas de controle, sem adição), analisando sobre benefícios e sustentabilidade de seu uso em sistemas agro florestais como ferramenta de acondicionamento de solo e sequestro de carbono atmosférico.

Materiais e métodos

O estudo realizado desenvolve-se em dois campos experimentais, consistindo de duas fazendas sob plantação de eucalipto, com perfis de solo diferentes, instaladas em Itatinga, interior de São Paulo e financiadas pela empresa Suzano Papel e Celulose. A primeira fazenda (Entre Rios) apresenta solo do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, com teor de argila variando entre 16 e 20%, enquanto a segunda (Areona) apresenta-se como neossolo quartzarênico órtico típico, com teor de argila variando entre 5 e 12%.

O plantio de eucalipto iniciou-se em 2004 na primeira fazenda, ao passo que, na segunda, iniciou-se em 2008.

Ambas as fazendas receberam aplicação de lodo na dosagem entre 1500 e 2000 kg/ha, dez dias antes do início das atividades.

As amostras analisadas foram coletadas nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, nas duas fazendas, em triplicata, em áreas submetidas e não submetidas à adição de lodo de esgoto.

A identificação das amostras, em cada fazenda, foi feita de acordo com a adição de LE, como se segue: ER 60 (fazenda Entre Rios com adição de LE), ER 228 (fazenda Entre Rios sem adição de LE), AN 254 (fazenda Areona com adição de LE) e AN 36 (fazenda Areona sem adição de LE).

As determinações de teor de carbono foram realizadas por análise elementar e as análises de FIL (fluorescência induzida por laser) foram realizadas de acordo com metodologia de Milori et al. (2006).

Resultados e discussão

Os dados obtidos demonstram comportamentos inversos entre os parâmetros analisados em ambas as fazendas. No caso da fazenda Entre Rios, a adição de LE provavelmente aumentou a atividade microbiana no solo pelo incremento de matéria orgânica fresca, o que, em um segundo estágio, deve ter desencadeado decréscimo no teor de C do solo pela degradação de frações mais lábeis (FONTAINE et al. 2007).

Ainda de acordo com Fontaine et al. (2007), em seu estudo sobre estabilidade de carbono orgânico no solo, o aumento de matéria orgânica fresca em profundidade pode

levar à perda de carbono mais antigo (estabilizado) do solo, o acarreta em decréscimo do conteúdo total de C em função do tempo, levando à ocorrência de priming effect no solo. Contudo este comportamento observado é alarmante, pois pode trazer limitações à estrutura e fertilidade do solo.

Os resultados obtidos para as amostras da fazenda Areona mostraram um comportamento inverso ao apresentado pelas amostras da fazenda Entre Rios. Foi observado que o valor de conteúdo de C nas áreas sob adição de LE é maior do que as áreas sem adição, nas profundidades analisadas.

A característica principal do perfil de solo apresentado nesta fazenda é a maior fração de areia e menor fração de carbono. Dessa maneira, não é esperada uma interação forte entre o LE aplicado e o conteúdo de matéria orgânica deste solo. Assim, o maior conteúdo de C verificado nas áreas submetidas à adição de C, provavelmente deve-se ao acúmulo de fração mais lábil de C.

Contudo, de acordo com os dados obtidos, o manejo com adição de lodo de esgoto na fazenda Areona promove um melhor acúmulo de carbono, em comparação com o mesmo manejo na fazenda Entre Rios.

Os resultados obtidos de teor de C para amostras de ambas as fazendas estão ilustrados pela Figura 1.

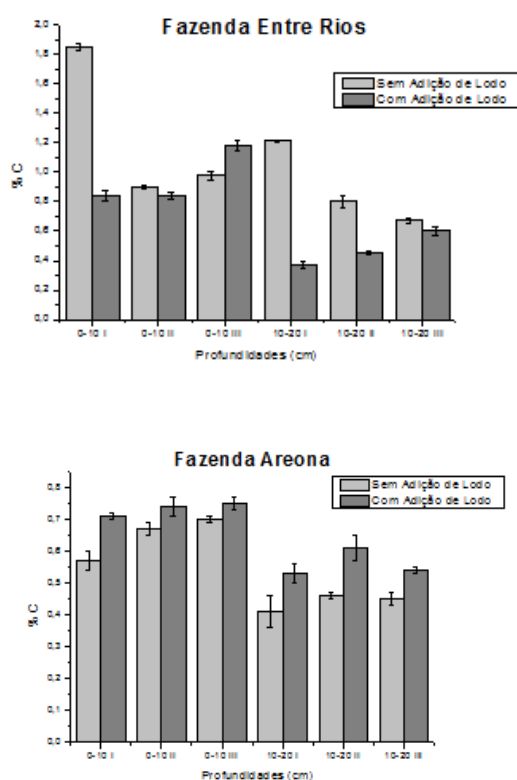


Figura 1 – Valores de teor de C (%C) obtidos para as amostras analisadas

Os resultados de grau de humificação obtidos para as amostras da fazenda Entre Rios mostram aumento em torno de 100 % nas áreas submetidas à adição de LE, em comparação às áreas de controle (sem LE). Uma hipótese para explicar tal comportamento é a alteração de atividade microbiana no solo, pela adição de LE, levando a degradação de frações mais lábeis de C, e conseqüentemente, permanência de frações recalcitrantes (menos suscetíveis à degradação microbiana), e, portanto,

maior grau de humificação (complementando os dados de teor de C para a área). Ainda, a adição de LE em si pode agregar frações recalcitrantes ao solo, tornando-se parte integral da MOS (uma vez que LE possui elevado conteúdo de matéria orgânica), levando ao aumento de grau de humificação. Os resultados de grau de humificação (H_{FIL}) obtidos para as amostras analisadas, em ambas as fazendas, são ilustrados pela Figura 2.

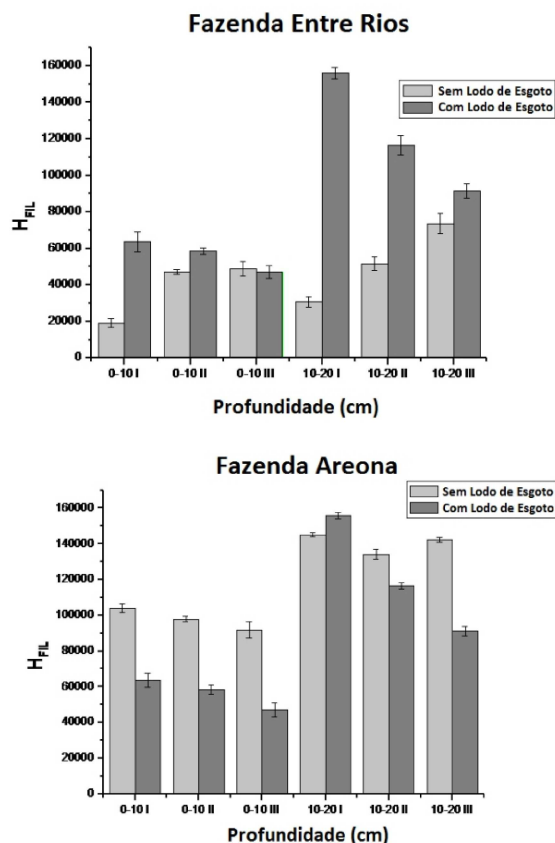


Figura 2 – Valores de grau de humificação (H_{FIL}) obtidos para as amostras analisadas

Os resultados de grau de humificação obtidos para as amostras da fazenda Areona mostram decréscimo em torno de 29% nas áreas submetidas à adição de LE, em comparação às áreas sem adição.

Este comportamento pode ser atribuído a um possível acúmulo de frações lábeis de C no lugar de frações mais recalcitrantes, após a adição de LE. Outra hipótese para o comportamento seria o fato de que, como mencionado anteriormente, o solo desta fazenda ser um neossolo quartzarênico (com uma maior fração de areia em sua constituição), ou seja, não espera-se que haja características de interação forte entre seu conteúdo de matéria orgânica e o LE.

Dessa forma, o resultado de decréscimo nos valores de grau de humificação nas áreas sob adição de LE complementa os valores de teor de C obtidos.

Conclusões

A problemática abordada é contemporânea e desperta interesse tanto nacional quanto internacional (MAHECHA et al., 2010), uma vez que a quantificação e entendimento da intensidade de mecanismos de interação entre atividades agrícolas (além de demais ecossistemas terrestres) e insumos orgânicos constituem os maiores desafios no que diz respeito à compreensão do ciclo global de carbono.

O acondicionamento de solos com lodo de esgoto pode ser positivo em determinadas condições, e por esta razão, cada caso deve ser estudado a fundo detalhadamente.

Contudo, estudos visando seu uso de forma correta, evitando conseqüências negativas ao ambiente onde aplicado, tais como contaminação de solo e perda de conteúdo de C, devem ser continuamente realizados.

Dessa maneira, os estudos de campo devem continuar em ambas fazendas para validar e confirmar as tendências iniciais observadas. Novas alternativas de manejo de solo em sistemas florestais podem ser obtidas para acondicionamento de solo em condições sustentáveis com benefícios ambientais.

Agradecimentos

CAPES, EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, EMBRAPA FLORESTAS e IQSC/USP.

Referências

- BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MADDOCK, J. E. L.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A. R. 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. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 132, p. 243–251, 2009.
- BEER, C.; REICHSTEIN, M.; TOMELLERI, E.; CIAIS, P.; JUNG, M.; CARVALHAIS, N.; RÖDENBECK, C.; ARAIN, M. A.; BALDOCCHI, D.; BONAN, G. B.; BONDEAU, A.; CESCATTI, A.; LASSLOP, G.; LINDROTH, A.; LOMAS, M.; LUYSSAERT, S.; MARGOLIS, H.; OLESON, K. W.; ROUPSARD, O.; VEENENDAAL, E.; VIOVY, N.; WILLIAMS, C.; WOODWARD, F. I.; PAPAIE, D. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. **Science**, [S. l.], v. 329, p. 834-838, 2010.
- BUSSE, M. D.; SANCHEZ, F. G.; RATCLIFF, A. W.; BUTNOR, J. R.; CARTER, E. A.; POWERS, R. F. Soil carbon sequestration and changes in fungal and bacterial biomass following incorporation of forest residues. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 41, p. 220–227, 2009.
- FERNÁNDEZ, J. M.; PLAZA, C.; GARCÍA-GIL, J. C.; PÓLO, A. Biochemical properties and barley yield in a semiarid Mediterranean soil amended with two kinds of sewage sludge. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 42, p. 18-24, 2009.
- FONTAINE, S.; BAROT, S.; BARRÉ, P.; BDIQUI, N.; MARY, B.; RUMPEL, C. Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. **Nature**, London, v. 450, p. 277-281, 2007.
- KUKAL, S. S.; BENBI, D. K. Soil organic carbon sequestration in relation to organic and inorganic fertilization in rice–wheat and maize–wheat systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, p. 87-92, 2009.
- LIMA, D. L. D.; SANTOS, S. M.; SCHERER, H. W.; SCHNEIDER, R. J.; DUARTE, A. C.; SANTOS, E. B. H.; ESTEVES, V. I. Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. **Geoderma**, Amsterdam, v. 150, p. 38-45, 2009.
- MAHECHA, M. D.; REICHSTEIN, M.; CARVALHAIS, N.; LASSLOP, G.; LANGE, H.; SENEVIRATNE, S. I.; VARGAS, R.; AMMANN, C.; ARAIN, M. A.; CESCATTI, A.; JANSSENS, I. A.; MIGLIAVACCA, M.; MONTAGNANI, L.; RICHARDSON, A. D. Global convergence in the temperature sensitivity of respiration at ecosystem level. **Science**, [S. l.], v. 329, p. 838-840, 2010.
- MILORI, D. M. B. P.; GALETI, H. V. A.; MARTIN-NETO, L.; DIECKOW, J.; GONZÁLEZ-PÉREZ, M.; BAYER, C.; SALTON, J. Organic matter study of whole soil samples using laser-induced fluorescence spectroscopy. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 70, p. 57-63, 2006.

PATHAK, A.; DASTIDAR, M. G.; SREEKRISHNAN, T. R. **Journal of Environmental Management**, London, v. 90, p. 2343-2353, 2009.

RATHOD, P. H.; PATEL, J. C.; SHAH, M. R.; JHALA, A.J. Recycling gamma irradiated sewage sludge as fertilizer: A case study using onion (*Alium cepa*). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 41, p. 223-233, 2009.

SINGH, K.P.; GHOSHAL, N.; SINGH, S. Soil carbon dioxide flux, carbon sequestration and crop productivity in a tropical dryland agroecosystem: Influence of organic inputs of varying resource quality. **Applied Soil Ecology, Amsterdam**, v. 42, p. 243-253, 2009.

SUDDICK, E. C.; SCOW, K. M.; HORWATH, H. R.; JACKSON, L. E.; SMART, D. R.; MITCHELL, J.; SIX, J. The potential for California agricultural crop soils to reduce greenhouse gas emissions: a holistic evaluation. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 107, p. 123-162, 2010.