

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

**CONTRIBUIÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO PARA MITIGAR AS
EMISSIONES AGRÍCOLAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

JOSÉ DEOMAR DE SOUZA BARROS

Licenciado em Ciências com Habilitação em Biologia e em Química pela Universidade Federal de Campina Grande/ UFCG. Especialista em Agroecologia pela Universidade Federal da Paraíba/UFPB. Especialista em Ensino de Química pela Universidade Regional do Cariri/URCA. Mestre e Doutorando em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande/UFCG.

Resumo: Este artigo tem como objetivo promover reflexões sobre os processos de mineralização, estocagem de carbono e nitrogênio na matéria orgânica do solo e o processo de decomposição, que são determinantes para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. Durante a decomposição da matéria orgânica do solo são liberados carbono, nitrogênio e outros componentes. Parte destes elementos retorna para a atmosfera na forma de gás, outros componentes permanecem disponíveis para as plantas e outra parte é perdida na forma de lixiviação.

Palavras chave: mineralização, carbono e gases de efeito estufa.

**CONTRIBUTIONS OF SOIL ORGANIC MATTER TO MITIGATE
THE EMISSIONS FROM AGRICULTURAL GREENHOUSE GASES**

Abstract: This article aims to promote reflection on the processes of mineralization of carbon and nitrogen storage in soil organic matter and the process of decomposition, which are essential to mitigate agricultural emissions of greenhouse gases. During the decomposition of soil organic matter are released carbon, nitrogen and other components. Some of these elements returns to the atmosphere as gas components remain available for other plants and some is lost in the form of leaching.

Keywords: mineralization, carbon, greenhouse gases.

Introdução

O interesse pelo estudo do carbono orgânico estocado no solo e no tecido vegetal aumentou significativamente, a partir da década de 1990, quando o Protocolo de Kyoto definiu metas de redução nas emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera.

A transformação das áreas de vegetação natural em áreas de cultivo implica mudanças na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas. Neste sentido, modificações no uso da terra podem alterar as propriedades químicas e biológicas do solo, interferindo, assim, na dinâmica da matéria orgânica do solo, o que pode conduzir a um processo de



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

mineralização da matéria orgânica, tendo como consequência o aumento nas emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. Se este processo de intervenção humana não for bem planejado, pode levar estas áreas a um processo de degradação.

A intervenção antrópica nos sistemas naturais tem conduzido a um processo de degradação ambiental, através da exploração desordenada. O solo se constitui em um sistema aberto que realiza continuamente troca de matéria e energia com a hidrosfera, litosfera e atmosfera, além disto, é um meio capaz de suprir as necessidades vitais do ser humano relacionadas à alimentação, energia e fibras. No entanto, a adoção de um manejo desordenado do solo que não atende às necessidades de manutenção do potencial produtivo, tem condicionado o homem do campo a procurar novas áreas para serem cultivadas.

Neste sentido, a expansão agrícola, através da derrubada de florestas durante os últimos anos, levou a uma liberação líquida de 121 Gt de C para a atmosfera (1 Gt = 10^9 t). O Brasil é o maior responsável pela emissão de gases de efeito estufa pela mudança no uso da terra. Globalmente, a queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento constituem as maiores fontes de gases do efeito estufa (GEE), responsáveis por 66% daqueles lançados na atmosfera. A agricultura aparece com 20% e a mudança do uso da terra (14%) completam o total das emissões antrópicas. Já o Brasil apresenta padrões diferentes daqueles observados globalmente. Aqui, a mudança de uso da terra e a agricultura são responsáveis por mais de dois terços das emissões (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2004).

No campo das mudanças climáticas globais, o solo e suas formas de manejo estão em foco, especialmente pelo fato do solo ser considerado fonte ou sequestrador de gases de efeito estufa, dependendo do tipo de manejo adotado. Ele é capaz de retardar ou incrementar a transferência de carbono para a atmosfera, podendo reter matéria por tempo mais prolongado, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas, além de melhorar



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

a sua própria qualidade, pelo aumento na agregação, porosidade, infiltração e retenção de água, aeração, balanço de nitrogênio, entre outros.

Matéria orgânica do solo

O solo é um recurso natural essencial à sobrevivência dos seres vivos, visto que, nos ecossistemas, contribui para o crescimento das plantas e para a regulação e a participação do fluxo de água no ambiente, funcionando como um tampão ambiental, na formação, atenuação e degradação de compostos naturais. O conhecimento da importância e da qualidade do solo é relevante na implantação de estratégias de manejos sustentáveis. Neste sentido, a matéria orgânica do solo é um atributo decisivo na definição da qualidade do solo, e é justamente na superfície do solo onde se concentra a maior quantidade da matéria orgânica, sendo que a superfície do solo está mais exposta à ação antrópica. Devido a esta ação, aceleram-se os processos de intemperismo, perdas por erosão, e contaminação por agroquímicos. Ter conhecimento destes fatos é essencial para a conservação ambiental, visto que, a matéria orgânica da superfície do solo é responsável pela maior parte da emissão e captura dos gases de efeito estufa, sendo fundamental também, no controle da erosão, na infiltração da água no solo e na conservação e disponibilização de nutrientes para as plantas. Assim, a função mais importante da matéria orgânica do solo é incorporar e estocar nitrogênio carbono e outros elementos.

Os solos são originados da interação do material parental, clima, seres vivos, topografia e tempo. Os processos de desenvolvimento (perdas, transformação, adição e translocação) dão origem a solos, pedogeneticamente diferenciados, apresentando horizontes com particularidades distintas de textura, estrutura, presença de material orgânico e grau de alteração (CHAVES & GUERRA, 2006).

Este processo de estocagem de carbono e nitrogênio, nos ecossistemas terrestres, ocorre basicamente em dois reservatórios de carbono: a biomassa viva (vegetais, animais e



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

microorganismos) e a matéria orgânica do solo. Esta constitui o maior reservatório de carbono terrestre. Segundo Cerri, Cerri, Davidson, Bernoux, & Feller (2004), o solo se constitui em um compartimento chave, no processo de emissão e seqüestro de C, evidenciando que, globalmente, há duas ou três vezes mais carbono (C) nos solos (1500-2000 Pg), em relação ao estocado na vegetação (470-655 Pg), e cerca do dobro, em comparação com a atmosfera (730 Pg). Portanto, manejos inadequados podem mineralizar a matéria orgânica e transferir grandes quantidades de gases do efeito estufa para a atmosfera. Segundo estimativas de Bernoux, Carvalho, Volkoff & Cerri (2002), o estoque de C dos solos brasileiros, na profundidade 0-30 cm, totalmente cobertos por vegetação nativa, nos anos 70 e 80, foi de 36,4 Pg C, o que corresponde a, aproximadamente, 5% do estoque de C nos solos do mundo, na mesma profundidade.

Além de promover o estoque de carbono, a biomassa microbiana é uma importante fonte de nitrogênio, em virtude do ciclo do nitrogênio estar associado à matéria orgânica. O processo de ciclagem do nitrogênio microbiano ocorre em uma velocidade mais rápida, quando comparado a outros elementos. Assim, a biomassa microbiana tem a função de um tampão de nitrogênio no solo, controlando a disponibilidade deste nutriente, por meio dos processos de mineralização e imobilização (Barreto, Gama-Rodrigues, Gama-Rodrigues, Barros & Fonseca, 2008).

De acordo com Pavinato e Rosolem (2008), no solo estão presentes compostos orgânicos, como ácidos húmicos e flúvicos, ácido tânico, aminas, compostos aromáticos, ácidos orgânicos de baixa massa molecular (cítrico, málico, oxálico, tartárico, etc.) e outros. Os ácidos orgânicos de baixa massa molecular aumentam sua concentração no solo rapidamente devido à adição de material vegetal. O carbono orgânico solúvel do solo é composto de 2 a 10% de ácido orgânico de baixa massa molecular. A concentração destes compostos se eleva durante o período de rápida decomposição dos resíduos orgânicos da planta, após a adição desse material no solo. Observa-se que, após o processo de



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

decomposição, ocorre uma diminuição desses ácidos no solo. A manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo dificulta a ação de microorganismos, em virtude da diminuição da superfície de contato, como isto, a decomposição se torna mais lenta. Devido a esta proteção exercida por resíduos vegetais, torna-se possível produzir de forma contínua os compostos orgânicos de baixa massa molecular, produzindo efeitos positivos na fertilidade, não apenas no período da decomposição logo após a incorporação, como é o caso do preparo convencional. Em função da aplicação de resíduos vegetais, verifica-se melhorias nas características químicas do solo, dentre elas: a absorção de H e Al, na superfície do material vegetal; a complexação do Al por compostos orgânicos; a troca de ligantes entre os grupos funcionais OH⁻ dos oxihidróxidos de Fe e Al e os ânions orgânicos; e o aumento do potencial de oxidação biológica de ânions orgânicos.

De acordo com Iwata , Leite, Araújo, Brasil, Costa, Campos e Santos (2010), nos solos tropicais, como é o caso do Brasil, o carbono orgânico do solo (COS) contribui de forma determinante para aprimorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Neste sentido, o COS é uma fonte de energia para a biomassa microbiana; atua no processo de armazenamento e fornece nutrientes para o solo; disponibiliza água para os vegetais; contribui na formação e estabilização dos agregados; favorece resistência ao solo e melhorias significativas na densidade do mesmo; além de favorecer a troca catiônica. Assim, a adoção de sistemas agrícolas que favoreça a conservação e o incremento do COS contribui positivamente para mitigar as emissões agrícolas de gás carbônico para a atmosfera, reduzindo as emissões antrópicas de gases de efeito estufa.

A fração viva que forma a matéria orgânica do solo inclui os macroorganismos (15-30%), constituído por minhocas, ácaros, entre outros, e pela biomassa microbiana (60-80%), formada por vírus, bactéria, fungos, entre outros, que corresponde a menos de 4% do carbono orgânico total do solo e, finalmente, pelas raízes (5-10%). A fração não viva é formada pelos resíduos e metabólitos de planta, de animais e microorganismos,



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

correspondendo à maior parte do carbono orgânico total do solo, cerca de 98%. Formada por substâncias não húmicas (30% de carbono do húmus), constituída pelos ácidos orgânicos, e substâncias húmicas (70% do carbono do húmus), formada pelos ácidos húmicos, flúvicos e huminas (MACHADO, 2005). A biomassa microbiana do solo corresponde a 5% da matéria orgânica do solo, por ter um curto tempo de resistência, ela é alterada rapidamente, respondendo às modificações provocadas nos sistemas ambientais. Neste sentido, a biomassa microbiana do solo é determinada pelas condições edafoclimática e pela qualidade dos resíduos orgânicos, podendo ser: catalisadora, fonte ou reserva de nutrientes, apresentando flutuações sazonais provocadas pela interação entre umidade e a temperatura do solo, aporte de material vegetal, crescimento vegetal, entre outros.

Em estudos realizados por Pulrolnik, Barros, Silva, Novais e Brandani (2009), verificou-se que os teores de estoques de carbono e nitrogênio tiveram contribuição mais relevante das huminas, do ácido húmico, do ácido fúvico e da matéria orgânica leve. Enquanto que a biomassa microbiana do solo contribuiu muito pouco para os estoques destes elementos.

A matéria orgânica desempenha uma função primordial no solo, pois possibilita melhorias de estrutura e aeração, retenção de umidade, incorporação de nutrientes como nitrogênio, enxofre e outros, além do aumento do tamponamento do solo. Ela apresenta constituição lábeis e estáveis. Esta divisão é baseada na taxa de decomposição e permite compreender melhor a dinâmica da matéria orgânica no solo. A matéria orgânica lábil é constituída pelos resíduos de plantas em decomposição, substâncias não-húmicas não ligadas aos constituintes minerais, formas solúveis em água, macrorganismos (fauna) e biomassa microbiana. A mineralização dos componentes lábeis ocorre rapidamente (semana ou meses). Já os componentes estáveis (substâncias húmicas e outras



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

macromoléculas) são bem mais resistentes ao ataque microbiano, em função da sua estrutura molecular e da proteção física (Barros, 2011).

Independentemente do tipo de sistema de cultivo empregado, a maior parte da matéria orgânica do solo está relacionada à fração mineral, sendo que a maior concentração é encontrada na fração silte e argila (D'Andréa, Silva, Curi & Guilherme, 2004).

Assim, para mitigar o processo de decomposição e aprimorar o processo de acréscimo dos estoques de carbono do solo, faz-se necessário adotar técnicas de manejo, com o objetivo de fornecer proteção física da matéria orgânica pela fração mineral, durante o processo de desenvolvimento dos agregados. Neste processo de formação, os detritos provenientes das culturas se conectam às partículas do solo, funcionando como agentes de ligação entre as partículas. Com isso, são formados novos microagregados provenientes da matéria orgânica protegida pela fração mineral. Assim, a matéria orgânica forma densos complexos livres dos agentes decompositores (SÁ et al., 2001). Neste sentido, a utilização de resíduos vegetais com o objetivo de promover a cobertura do solo tem demonstrado efeito positivo nas condições físicas, químicas e biológicas do solo.

Na avaliação do índice de estabilidade dos agregados, Oliveira, Moreau, Paiva, Menezes e Costa (2008) observaram que a conversão de sistemas nativos em agroecossistemas provoca diminuição na estabilidade dos agregados, o que pode ser constatado pela diminuição no diâmetro médio ponderado, por apresentar aumento dos agregados de menor tamanho e pelos menores teores de carbono orgânico presentes nos sistemas sob cultivo convencional.

No estudo da matéria orgânica do solo, o nitrogênio assim como o carbono, é um elemento relevante para o processo de estocagem de gases de efeito estufa no solo. Sua maior concentração está na fração orgânica (mais de 90%), um relevante reservatório com formas mais prontamente disponíveis, como a nítrica e amoniacal (Barros, Chaves, Chaves & Pereira, 2007). O nitrogênio é um dos elementos mais limitantes da produtividade



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

vegetal, devido à baixa disponibilidade de nitrogênio e à grande necessidade deste elemento por parte dos vegetais. Isto explica porque 95% ou mais do nitrogênio contido no solo se apresenta-se forma orgânica, sendo uma pequena parte mineralizada. Desta forma, este composto está muito mais susceptível à mineralização, quando comparado ao carbono.

Segundo Rangel e Silva (2007), em solos de clima tropical, a concentração de nitrogênio pode variar de 0,02 e 0,4%, e em alguns solos, esta pode chegar a 2%. Se o solo não for manejado de forma correta, pode provocar a mineralização da matéria orgânica, podendo converter em um ano, 2 a 5% de nitrogênio orgânico em nitrogênio mineral. A biomassa microbiana contém cerca de 2 a 5% de carbono orgânico e até 5% de nitrogênio total nos solos tropicais. O carbono orgânico apresenta uma rápida ciclagem, o que faz alterar sua concentração, que é influenciada pelos fatores sazonais e de manejo do solo. Por isso, ele pode ser utilizado como identificador mais sensível das alterações na matéria orgânica do solo e da qualidade ambiental. Esses autores conduziram uma pesquisa que procurou avaliar diferentes frações da matéria orgânica do solo e os estoques de carbono e nitrogênio em um Latossolo Vermelho, submetido a diferentes sistemas de manejo (mata nativa, eucalipto, pinus, pastagem e milho). As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–40 cm. A proporção relativa do CO nas frações da matéria orgânica do solo aumentou na seguinte ordem: C-argila > C-silte > C-areia. Pode-se observar que as culturas submetidas ao cultivo convencional, diminuiriam sensivelmente a qualidade da matéria orgânica e conseqüentemente os estoques de carbono e nitrogênio.

Considerações finais

A manutenção e o incremento nas concentrações de carbono orgânico na matéria orgânica do solo depende da intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais e da decomposição de resíduos orgânicos. No caso do Brasil que possui um clima tropical, este processo de decomposição é muito intenso, cabendo ao setor sucroalcooleiro adotar cada



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

vez mais manejos conservacionistas para que os fatores biológicos, físicos e químicos possam atuar como protetor das frações orgânicas contra os ataques dos microorganismos.

Referências bibliográficas

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v,32, n. 2, p. 611-619, 2008.

BARROS, J. D. de S. **Estoques de carbono em solos dos Tabuleiros Costeiros Paraibanos: diferenças entre ambientes**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2011.

BARROS, J. D. de S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; PEREIRA, W. E. Effects of Different Soil Management Systems in the Chemical Properties in the Coastal Plains of State Paraíba. **Iranica Journal of Energy & Environment**, p. 339-347, 2011.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M. D. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Brazil's soil carbon stocks. **Soil Science Society of América Journal**, v. 66, n. 3, p. 888-896, 2002.

CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; DAVIDSON, E.A.; BERNOUX, M.; FELLER, C. A ciência do solo e o sequestro de carbono. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p. 29-34, 2004.



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. **Solos Agrícolas**. Campina Grande: EDUEFCG, 2006. 178p.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

IWATA, B. de F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; BRASIL, E. L.; COSTA, C. do N.; CAMPOS, L. P.; SANTOS, F. S. R. dos. Carbono total e carbono microbiano de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no cerrado piauiense. . In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2010. CDRom.

MACHADO, P.L.O.A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v.28, n.2, p.329-334, 2005.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Brasília. 74p, 2004.

OLIVEIRA, J. T. de; MOREAU, A. M. S. dos S.; PAIVA, A. de Q.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 32, n.spe, p. 2821-2829, 2008.



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013

LABORE
Laboratório de Estudos Contemporâneos
POLÊMICA
Revista Eletrônica

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; CANTARUTTI, R. B.; MENDONÇA, E. de S. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1109-1118, 2007.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.3, p. 911-920, 2008.

P/ULROLNIK, K.; BARROS, N. F. de; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, 2009.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007

SÁ, J. C. M. de; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, v. 65, n.5, p. 1486-1499, 2001.

Recebido em: 07/09/2012

Aceito em: 07/04/2013



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

laboreuerj@yahoo.com.br

www.polemica.uerj.br

Polêm!ca, v. 12, n.2 , abril/junho de 2013