

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais

Volume XIII



2022

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume XIII



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profª. MSc. Adriana Flávia Neu
Profª. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profª. MSc. Aris Verdecia Peña
Profª. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profª. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profª. Dra. Denise Silva Nogueira
Profª. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Profª. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profª. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profª. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profª. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profª. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profª. Dra. Patrícia Maurer
Profª. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profª. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profª. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume XIII / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 93p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-81460-61-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786581460617 1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XIII” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo; matéria orgânica como condicionante do solo; contribuições e desafios do agronegócio cooperativo; clonagem de espécies arbóreas; aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho; produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde; e, agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XIII, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores


Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Cinética de dessorção de P com uso de fitas-Fe em Neossolo Regolítico do Agreste paraibano	6
Capítulo 2	16
Contribuições e Desafios do Agronegócio Cooperativo	16
Capítulo 3	27
Clonagem de espécies arbóreas como estratégia para implantação de povoamentos de alta produtividade	27
Capítulo 4	36
Aplicação de nitrogênio nos componentes de produtividade do milho no Bioma Amazônia	36
Capítulo 5	47
Produção de biocarvão e sua influência na fertilidade do solo, crescimento e produção de pimentão verde	47
Capítulo 6	62
Agroecologia aplicada no barlavento do tabuleiro de Tucano Norte – Bahia	62
Capítulo 7	80
Matéria orgânica como condicionante do solo	80
Índice Remissivo	92
Sobre os organizadores	93

Matéria orgânica como condicionante do solo


Recebido em: 17/09/2022


Aceito em: 20/09/2022

 10.46420/9786581460617cap7


Maria José de Holanda Leite^{1*} 

Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto¹ 


Gabriela Gomes Ramos² 

Carmen Hellen da Silva Rocha³ 

Alciênia Silva Albuquerque² 

Denise Maria Santos⁴ 

Álvaro Martins de Carvalho Filho⁵ 

Bianca Maria Silva do Nascimento⁶ 

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental na manutenção das funções do solo, dada a sua influência na estrutura e estabilidade do solo, retenção de água, biodiversidade e como fonte de nutrientes para as plantas. O solo é um compartimento terrestre que apresenta grande dinamismo em seus constituintes e está intimamente ligado às características e aos processos que ocorrem na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. A fase sólida é constituída da fração mineral e orgânica. A fração orgânica corresponde à matéria orgânica do solo (MOS), constituída basicamente por C, H, O, N, S e P. O carbono compreende cerca de 58% da MOS, H 6%, O 33%, enquanto que N, S e P contribuem com cerca de 3%, individualmente (Novais et al., 2007).

A presença de matéria orgânica é fundamental para a manutenção da micro e da mesobiota do solo, pois a ação dos decompositores sobre essa matéria vai devolver ao solo os nutrientes necessários para que os seres vivos que habitam o solo possam adquirir energia para sobreviver e também para manter o equilíbrio e a conservação do solo. Um solo, para ser considerado perfeito, precisa ter em sua constituição: 45% de minerais, 25% de ar ocupando seus poros, 26% de água e 5% de matéria orgânica e microrganismos (Novais et al., 2007).

É válido destacar que, a quantidade de matéria orgânica presente no solo é determinada pela ação de atividades humanas, pelos fatores climáticos e pela cobertura vegetal de uma área, portanto a

¹ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), BR 104, Km 85, CEP: 57100-000, S/N - Mata do Rolo - Rio Largo, Alagoas, Brasil.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171-900, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

³ Instituto Federal do Maranhão-IFMA, Brasil.

⁴ Instituto Dom José de Educação e Cultura, Brasil.

⁵ Centro Universitário Ateneu, Brasil.

⁶ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Brasil.

* Autora correspondente: maryholanda@gmail.com

quantidade de matéria orgânica varia de acordo com a região sendo que encontrada em maior abundância em áreas de climas úmidos e temperados. Sabe-se que, o solo é um sistema aberto que concentra resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos, sendo a vegetação a principal fonte de materiais orgânicos do solo. O tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo. A decomposição destes materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos organismos do solo (fauna e microrganismos), por meio dos quais pode-se avaliar a qualidade do solo (Mielniczuk, 2008).

A matéria orgânica pode ser definida como todo material orgânico de origem animal e, ou vegetal e aos produtos resultantes de seu processo de decomposição (littera, fragmentos de resíduos, biomassa microbiana, compostos solúveis e a matéria orgânica ligada intimamente aos argilomirenaís do solo, sendo estes essenciais à capacidade produtiva dos solos (Stevenson, 1994). Cabe salientar que, a MO fornece estrutura ao solo, aumenta a capacidade de acumulação de água e fornece nutrientes para as plantas, além de evitar que os nutrientes adicionados através dos fertilizantes sejam facilmente perdidos (Stevenson, 1994).

O declínio ou acréscimo da matéria orgânica do solo serve para avaliar a preservação dos ecossistemas naturais e o desequilíbrio do agroecossistema. O teor e a dinâmica da matéria orgânica são governados pelo clima, tipo de solo, tipo de vegetação e práticas de manejo. Para um mesmo tipo de solo, é o sistema de manejo que regula a qualidade e quantidade de matéria orgânica e, por consequência, a composição e atividade de organismos decompositores e as taxas de perda de carbono por mineralização, lixiviação e erosão (Melo, 2007). Para manejar os solos adequadamente é imprescindível que sejam conhecidos todos essas mudanças citadas acima.

MATÉRIA ORGÂNICA

O termo matéria orgânica do solo refere-se a todo material orgânico de origem animal e, ou vegetal e aos produtos resultantes de seu processo de decomposição, sendo essencial à capacidade produtiva dos solos (Melo, 2007). De 2 a 5% dessa matéria orgânica é constituída de organismos vivos. A matéria orgânica dá estrutura ao solo, aumenta a capacidade de acumulação de água e fornecer nutrientes para as plantas, além de evitar que os nutrientes adicionados através dos fertilizantes sejam facilmente perdidos.

O teor de carbono orgânico do solo é resultante do balanço entre incorporação e decomposição da matéria orgânica (Conceição et al., 2005). Na realidade, a matéria orgânica é o resultado da transformação dos resíduos das plantas, por intermédio dos organismos vivos do solo, e do próprio corpo desses organismos, que morrem e servem de alimento para os outros. A decomposição de restos culturais, com a consequente mineralização dos elementos, faz parte da ciclagem de nutrientes e, em solos tropicais de baixa fertilidade, essa ciclagem é indispensável à manutenção da produtividade. Desta forma, a matéria

orgânica do solo não somente é uma reserva de carbono, mas também, é a principal responsável pelos níveis de fertilidade da maioria dos solos tropicais.

O carbono é o elemento químico principal da matéria orgânica, constituindo geralmente de 40 a 45% da mesma. Alguns autores consideram o carbono orgânico total (CO_T) como o indicador mais importante da qualidade do solo e da agricultura sustentável, devido a sua estreita relação com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Novais et al., 2007). Ainda segundo os mesmos autores, o carbono do solo se encontra em três tipos de material: (a) formas muito condensadas de composições próximas do carbono elementar (carvão vegetal, mineral e grafite), (b) resíduos de plantas, animais e microorganismos alterados e bastantes resistentes, denominados de “húmus” e “humatos” e, (c) resíduos orgânicos pouco alterados de vegetais, animais e microorganismos vivos e mortos que se decompõem rapidamente.

O nitrogênio constitui cerca de 5% da fração orgânica do solo e a sua dinâmica no solo é intimamente associada à dinâmica do carbono (C). Em linhas gerais, a quantidade de nitrogênio no solo é influenciada pelos mesmos fatores que atuam sobre o teor de matéria orgânica. Aproximadamente 98% desse elemento ocorre na forma orgânica e 2% na forma mineral. A disponibilidade de nitrogênio é fundamental para o crescimento vegetal, uma vez que as plantas são dependentes do suprimento adequado de nitrato e amônio do solo para sintetizar seus constituintes nitrogenados (Novais et al., 2007).

A relação C/N na matéria orgânica na camada arável do solo, normalmente varia de 8:1 a 15:1 com uma média de 10:1 a 12:1, sendo que, de maneira geral, a variação dessa proporção pode estar ligada às condições climáticas especialmente temperatura e pluviosidade, em solos administrados de forma semelhante. Esta proporção tende a ser mais reduzida, tanto em solos de regiões áridas e de regiões mais quentes, do que em solos de regiões úmidas e de regiões mais frias. Igualmente, a proporção é mais reduzida para os subsolos em geral do que para as camadas de superfície correspondentes (Moreira; Costa, 2004).

Sabe-se que, a dinâmica da matéria orgânica é governada pelo clima, tipo de solo, tipo de vegetação e práticas de manejo. Para um mesmo tipo de solo, é o sistema de manejo que regula a qualidade e quantidade de matéria orgânica e, por consequência, a composição e atividade de organismos decompositores e as taxas de perda de carbono por mineralização, lixiviação e erosão.

ORIGEM E NATUREZA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A MOS provém, em quase sua totalidade, dos organismos vegetais, cuja composição varia entre as diferentes espécies vegetais e, dentro da mesma espécie, com a idade da planta e animais existentes no solo. A matéria orgânica do solo pode ser definida com todo material orgânico, vegetal ou animal (liteira, fragmentos de resíduos, biomassa microbiana, compostos solúveis e a matéria orgânica ligada intimamente aos argilomirenais do solo (Stevenson, 1994). A vegetação representa o material a partir do qual ela principalmente se origina.

A fração orgânica do solo constitui um sistema muito complexo em que se encontram resíduos das plantas e animais em vários graus de decomposição, produtos excretados pelos organismos vivos e produtos de síntese originados à custa dos anteriores; inclui, além disso, microorganismos vivos que não é possível distinguir e separar do material orgânico morto.

Os constituintes minerais usualmente encontrados na cinza variam de 1-12%. A idade da planta influencia na proporção relativa dos componentes. Assim, plantas mais jovens são mais ricas em proteínas, minerais e na fração solúvel em água, enquanto, à medida que a planta envelhece, as frações celulose, hemicelulose e ligninas aumentam. Durante a decomposição da matéria orgânica pela ação de enzimas e microorganismos, alguns componentes são mais prontamente utilizados do que outros. A fração solúvel em água e proteínas são os primeiros compostos a serem metabolizados. A celulose e hemicelulose não desaparecem com a mesma intensidade, sendo a permanência destes compostos no solo muito curta. As ligninas são altamente resistentes, tornando-se, às vezes, relativamente mais abundantes na matéria orgânica em decomposição. A relação carbono/nitrogênio (C:N) pode determinar a cinética de decomposição.

Deve-se considerar a dinâmica da relação C:N sob dois aspectos: (a) relação C:N dos microorganismos e (b) relação C:N da matéria orgânica. No primeiro caso, verifica-se que a relação C:N das células microbianas varia bastante. Em termos médios pode-se considerar que nos fungos essa relação está em torno de 10:1, nos actinomicetos em torno de 8:1, nas bactérias aeróbicas igual a 5:1 e nas bactérias anaeróbicas igual a 6:1.

A MOS é a principal fonte de carbono (C) para os microorganismos, porém, nem todo C da matéria orgânica é transformado em célula microbiana. Grande parte se perde sob a forma de CO₂ decorrente de sua mineralização. A quantidade de C da matéria orgânica, assimilável pelos microorganismos do solo, é variável segundo o microorganismo ou grupos de microorganismos considerados. Em termos percentuais, têm-se os seguintes coeficientes assimilatórios do carbono orgânico total (COT): fungos (30-40%); actinomiceteos (15-30%) e bactérias (1-15%). Na prática, considera-se o coeficiente assimilatório do carbono orgânico em torno de 35% (Novais et al., 2007).

EVOLUÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

No que se refere à evolução, o ciclo da decomposição da matéria orgânica pode ser rápido, como é o caso dos solos bem drenados, arejados e pouco ácidos ou, muito lento, nos solos com excesso de água ou ácidos. No primeiro caso, a atividade biológica se desenvolve fortemente por um grande número de microorganismos aeróbios, que promovem uma biodegradação rápida das matérias vegetais, e como produtos resultantes estão o dióxido de carbono (CO₂) e NH₃, que são liberados durante as transformações; e as substâncias solúveis ou insolúveis que, posteriormente, vão formar compostos húmicos mais ou menos polimerizados a depender do pH do meio (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

Os compostos hidrossolúveis, preferencialmente os ácidos cítricos e málicos, não terão muito tempo no solo, pois, sob influência mineralizante de uma microflora muito ativa, desaparecem rapidamente em profundidade.

Nos solos submetidos a um regime hídrico temporário ou permanente, há uma fraca atividade dos microorganismos e conseqüentemente pouca decomposição dos produtos mal decompostos. O estado de anaerobiose no solo favorece uma evolução particular da matéria orgânica, com a liberação de elementos gasosos tais como: CO₂, NH₃ e algumas vezes de H₂ e CH₄. Os produtos de decomposição realizam apenas fenômenos de polimerização limitada, daí a produção dominante de produtos ácidos solúveis, de ácidos fúlvicos (AF), assim como, de ácidos húmicos (AH) marrons de fraco peso molecular (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

A matéria orgânica evoluída sob influência da hidromorfia, onde não ouve acúmulo de substâncias orgânicas pouco decompostas, apresenta na sua constituição uma maior proporção de compostos hidrossolúveis e de produtos fracamente polimerizados que nos solos bem drenados, o que favorecem o desenvolvimento de processos de redução e, em conseqüência, a migração de certos elementos minerais reduzidos, sob forma de complexos organo-metálicos. Esta particularidade da composição da matéria orgânica é atenuada em regiões tropicais com estações constratantes, devido à forte dissecação sofrida pelos perfis de solo durante a estação seca, gerando, desta maneira, condições mais apropriadas à formação de substâncias húmicas mais estáveis, à polimerização dos ácidos húmicos (AH) e à diminuição dos ácidos fúlvicos (AF) (Vezzani; Mielniczuk, 2009).

No que diz respeito aos mecanismos de formação das substâncias húmicas, encontra-se na literatura dois tipos de abordagem, onde uma leva em consideração a depolimerização de biopolímeros que favorece a formação de matéria orgânica unificada (teoria clássica da decomposição da lignina e suas alterações posteriores) e a outra leva em consideração a polimerização de moléculas de pequeno tamanho (teoria dos polifenóis), que são liberadas durante a decomposição dos resíduos orgânicos (Silva; Mendonça, 2007). Atualmente existe um consenso no meio científico de que as substâncias húmicas são formadas por produtos de decomposição de resíduos vegetais e microbianos, que podem ser associados a micelas supramoleculares. Para se entender a gênese das substâncias húmicas, necessita-se de um estudo profundo dos processos que envolvem a humificação (reações químicas e transformações).

Segundo Silva e Mendonça (2007), as transformações do carbono do solo compreendem duas fases (fixação do C-CO₂ e regeneração). A primeira é efetuada por plantas, algas e bactérias autotróficas e a segunda, de regeneração, por microorganismos do solo.

PRINCIPAIS TIPOS DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS

Atendendo às condições em que a matéria orgânica se acumula e decompõe nos solos, ao seu teor e distribuição no perfil e, de maneira geral, às suas características morfológicas e físico-químicas,

bem como às dos horizontes em que se encontra, podem distinguir-se vários tipos de matéria orgânica dos solos.

Alguns autores preferem designar tais tipos de matéria orgânica por tipo de húmus, usando evidentemente o termo húmus em sentido lato, isto é, para abranger toda a MOS. Os tipos mais geralmente reconhecidos são, em solos de drenagem livre, o mull, o moder e o mor, e em condições de drenagem impedida, são formadas as turfas e o anmoor, os quais podem ser definidos como:

O Mull é um tipo de matéria orgânica mais ou menos intimamente associada à matéria mineral em que decresce com a profundidade, e o qual apresenta agregação de variável nitidez e estabilidade. Em geral tem pH superior ao do mor, mas não em todos os casos. Este tipo de húmus, inicialmente, era usado para definir o húmus de solos florestais, porém normalmente usa-se também em relação a outros solos. Este tipo de húmus pode ser dividido em Mull cálcico e Mull florestal. O Mull cálcico é característico de solos ricos em calcário ativo ou, pelo menos, em cálcio trocável (Ca^{2+}). Forma um horizonte A muito delgado e confere coloração negra a este horizonte que normalmente apresenta agregados relativamente grandes e muito estáveis, e no qual o teor de matéria orgânica decresce gradualmente com a profundidade. Na formação do Mull cálcico a transformação dos restos vegetais é rápida e sobretudo devida à ação de bactérias e actinomicetos. Forma-se grande proporção de AHs que mantem íntima ligação, em complexos argilo-húmicos, com minerais montmoriloníticos, o que dificulta a sua decomposição posterior por ação de microorganismos (Vezzani; Mielniczuk, 2009)..

O Mull florestal é característico de solos de florestas em condições de relativa abundância de bases, mas sem calcário. Distribui-se por todo horizonte A, que no geral é menos espesso do que no caso do Mull cálcico e com agregados menores e menos estáveis do que os ocorrentes em solos que apresentam o Mull cálcico.

A transformação dos detritos é rápida sobre a ação predominante de fungos. Há uma grande liberação de compostos amoniacais, mas a formação de ácidos húmicos é relativamente pouco ativa. A ligação argila-húmus, com este tipo de húmus é menos estável do que no caso do Mull cálcico.

O Moder é um tipo intermediário entre o mull e o mor. O Mor é o tipo de húmus dos Espodossolos, muito pobres em bases e proporciona baixa agregação aos solos. A mineralização dos detritos é lenta, com intervenção principalmente de fungos. A humificação é também muito lenta, originando uma pequena quantidade de AHs e de AFs que migram em profundidade provocando a eluviação de certos constituintes minerais.

O Anmor é o húmus característico de solos com problemas de drenagem como os Gleissolos. Há uma mistura íntima de matéria orgânica transformada e parcialmente humificada, com minerais argilosos. Podem-se distinguir dois tipos principais de Anmor: anmoor ácido ou oligotrófico, formado em meio pobre em bases, e anmoor cálcico ou mesotrófico, desenvolvido em meio rico em bases.

DINÂMICA E EVOLUÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

As transformações que ocorrem desde a incorporação da matéria orgânica fresca até a formação das frações humificadas mais estáveis (huminas) compreendem a evolução da matéria orgânica nos solos (Guerra et al., 2008). A adição de matéria orgânica no solo ocorre pela deposição de resíduos orgânicos, principalmente de origem vegetal. Através da fotossíntese, as plantas captam o CO₂ atmosférico, fixando-o no tecido vegetal. Através da liberação de exsudatos radiculares no perfil do solo, durante a fase de crescimento dos vegetais, parte do C fixado fotossinteticamente é depositado no solo. O restante é incorporado ao solo pela adição de folhas ou de toda parte aérea das plantas, após a sua senescência.

Estas transformações foram separadas conceitualmente em dois processos básicos: a degradação ou mineralização e a humificação. A mineralização da matéria orgânica constitui a fase de perdas ocorridas durante a decomposição dos compostos orgânicos em duas prováveis etapas. A primeira, denominada de mineralização primária, compreendendo a transformação de cerca de 70-80% da matéria orgânica em moléculas simples, como CO₂ e 1+20, permanecendo no solo uma pequena quantidade de compostos fenólicos solúveis e compostos lignificados parcialmente transformados, a partir do qual irão se desenvolver os demais processos (Novais et al., 2007).

Segundo Guerra et al. (2008) existe ainda a possibilidade de degradação da matéria orgânica relativamente estabilizada. O nitrogênio (N) presente em cadeias alifáticas de moléculas orgânicas pouco condensadas, como as que ocorrem em AFs e AHs pode ser utilizado no metabolismo microbiano, caracterizando a mineralização secundária da MOS.

Após a mineralização da matéria orgânica fresca, compostos fenólicos solúveis e os tecidos lignificados pouco transformados são estabilizados por processos biofísico-químicos formando as substâncias húmicas. Assim, a dinâmica da MOS é governada principalmente pela adição de resíduos orgânicos diversos e pela contínua transformação destes sob ação dos fatores: físicos, químicos, biológicos, climáticos e do uso e manejo da terra. Também exercem influência os fatores de formação do solo (Novais et al., 2007).

É válido destacar que, a produtividade biológica das plantas e as condições edafoclimáticas condicionam a quantidade de C adicionada ao solo em sistemas agrícolas. Após a deposição dos resíduos vegetais ao solo, os mesmos, são atacados inicialmente pela fauna do solo e em seguida pelos microorganismos decompositores, sendo os compostos orgânicos fonte de carbono e energia para o metabolismo destes. Grande parte do carbono é perdida para a atmosfera na forma de CO₂, sendo que apenas uma pequena parte dos produtos resultantes da decomposição é convertida às substâncias húmicas.

As adições de C dependem da quantidade de resíduos vegetais aportados ao solo e as perdas do mesmo estão ligadas à ação da atividade microbiana e dos processos de lixiviação de compostos solúveis (Guerra et al., 2008).

Sabe-se que, a matéria orgânica do solo refere-se ao material orgânico total do solo, incluindo os resíduos identificáveis de plantas, resíduos de animais do solo e microorganismos, matéria orgânica dissolvida, exsudatos radiculares e substâncias húmicas macromoleculares.

COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Alguns pesquisadores destacam que a diversidade quanto a quantidade e qualidade (celulose, hemicelulose, ligninas, gorduras, ceras etc) dos resíduos adicionados ao solo, definem suas vias de transformação e estabilização e, conseqüentemente, são responsáveis pela formação dos diferentes compartimentos da MOS.

É sabido que existe uma diversidade de critérios utilizados para a definição desses compartimentos, permitindo a classificação devido ao método operacional de obtenção ou ao seu caráter funcional (reatividade). Silva e Mendonça (2007), destacam como compartimentos da matéria orgânica, a matéria orgânica viva (células de organismos vivos), onde a biomassa microbiana é a principal representante. Matéria orgânica não viva (matéria orgânica leve ou microrgânica ou particulada, húmus e carvão). O húmus consiste de 70% de substâncias húmicas e 30% de substâncias não húmicas que encontram-se fortemente associados no ambiente edáfico e não são totalmente separados pelos processos tradicionais de fracionamento.

A matéria orgânica pode ser dividida em fração ativa e passiva, sendo a primeira composta por substâncias húmicas de baixo peso molecular, por resíduos de plantas e animais (ração leve ou particulada) e seus produtos primários de decomposição, e pela biomassa microbiana. A fração ativa é também denominada lábil, representando 1/3 a 1/4 da matéria orgânica total do solo em regiões temperadas, sendo geralmente menor em regiões tropicais.

O carbono lábil corresponde às formas que seriam de fácil mineralização pelos microorganismos do solo (carbono orgânico solúvel ou dissolvido), servindo de fonte de nutrientes às plantas e de energia e C aos micro-organismos do solo (Silva; Mendonça, 2007). Existem diferentes metodologias para a obtenção e caracterização das porções mais lábeis da MOS, entre elas, de acordo com Pillon et al (2000), estão: a matéria orgânica particulada (MOp), separada por peneiramento após a dispersão do solo com haxametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}) ($> 53\mu\text{m}$) e a matéria orgânica leve (MOL), obtida por flotação em solução de NaI com densidade $1,7 \text{ g cm}^{-3}$

As substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina) e outras macromoléculas orgânicas intrinsecamente resistentes ao ataque microbiano (lignina) compõem a fração estável, sendo a mesma protegida pela associação com componentes minerais do solo ou podendo estar intragregado de forma inacessível aos microorganismos (Silva; Mendonça, 2007).

Estudos têm demonstrado que determinados compartimentos da MOS são capazes de detectar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo associadas a diferentes usos agrícolas do solo e das culturas agrícolas. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as

observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de C do solo. Dentre os compartimentos o carbono lábil (CL) apresenta alta taxa de decomposição e um curto período de permanência no solo, e sua principal função é o fornecimento de nutrientes às plantas pela mineralização, além de energia e C aos microrganismos do solo.

O uso e manejo do solo podem afetar as outras frações da MOS, que são as frações recalcitrantes, essas são intituladas substâncias húmicas (SHs) que são exatamente aquelas que vão significar a manutenção do teor de MOS, com todos os reflexos desejáveis disso em termos da funcionalidade do sistema.

A MATÉRIA ORGÂNICA COMO INDICADOR DA QUALIDADE DO SOLO

A qualidade do solo (QS) consiste na sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas e de animais e dos homens. Desta forma, manter ou aumentar a qualidade do solo é um fator chave para a sustentabilidade do solo.

A qualidade de um solo está relacionada ao seu grau de aptidão a um uso específico, que é dependente das práticas agrícolas adotadas e da composição natural do solo.

Solos com melhor qualidade, não apenas produzirão mais alimentos e fibra para a crescente população mundial, mas também terão grande papel na estabilidade dos ecossistemas naturais, melhorando a qualidade do ar e da água. Mudanças no uso do solo, especialmente cultivo em áreas desflorestadas, rapidamente diminuem a qualidade do solo, em função de alterações em componentes sensíveis à desestabilização do sistema, principalmente relacionados ao revolvimento do solo, e redução das taxas de entrada de resíduos pela retirada da mata (Guerra et al., 2008).

O sucesso de esforços e práticas conservacionistas em manter a qualidade do solo, depende do entendimento de como o solo irá responder a determinado uso ou prática em um certo tempo. Sistemas de cultivo com intensa mobilização do solo, desflorestamento, queima de campos naturais, destacam-se por proporcionarem diminuição na quantidade de MOS e conseqüentemente redução na qualidade do solo.

Os indicadores de qualidade do solo formam um conjunto de dados mínimos que são utilizados para avaliar o comportamento das principais funções do solo. Um bom indicador deve integrar processos e propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do solo, ser acessível aos diferentes usuários e aplicável em diversas condições de campo e ser sensível às variações de manejo e clima.

A influência da matéria orgânica sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determina que ela seja considerada uma das principais propriedades na avaliação da qualidade do solo.

O solo, como sistema aberto não atinge qualidade por si só num sistema de exploração agrícola, mas sim, pela eficiência do funcionamento do sistema solo-planta-microrganismos. Assim, o manejo do

solo é um dos principais fatores que definem a qualidade do solo e a sustentabilidade de um sistema de produção. No entanto, para avaliar a qualidade do solo (QS) é necessário que se eleja algumas propriedades do solo a serem monitoradas como indicadores. Para uma propriedade ser um eficiente indicador de QS é necessário que este seja sensível às variações do manejo e bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo.

Assim, os possíveis indicadores de QS podem ser distintos em três grupos, a saber: 1) efêmeros, cujas alterações se dão rapidamente no tempo segundo o manejo, entre eles: pH, disponibilidade de nutrientes, densidade, porosidade e umidade do solo; 2) intermediários, possuindo forte influência nos processos que ocorrem no solo, tais como: matéria orgânica do solo, agregação e biomassa microbiana; e 3) permanentes, que são inerentes ao solo, como: profundidade, textura e mineralogia. Dentre estes, os indicadores do grupo intermediário são os mais aptos a serem utilizados como ferramentas de monitoramento da QS, pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (Conceição et al., 2005).

Desta forma, a manutenção do seu conteúdo original ou o seu incremento, devem ser a premissa de qualquer sistema de manejo que busque a sustentabilidade. De modo que, a decomposição da matéria orgânica nos solos tropicais ou subtropicais de climas úmidos ocorre rapidamente, sendo que uma redução excessiva no seu teor afetará negativamente as funções química, física e biológica deste solo, redundando em diminuição na produtividade das culturas.

IMPORTÂNCIA E EFEITO SOB A QUALIDADE E FERTILIDADE DO SOLO

Os conceitos modernos de qualidade do solo (QS) e sustentabilidade agrícola têm sido abordados de maneira ampla, visto que incluem a necessidade de aumentar produtividade agrícola, a preservação dos recursos naturais e a qualidade ambiental. Assim, a qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de funcionamento, dentro do ecossistema e das limitações de uso, a qual permite a sustentabilidade biológica e favorece a manutenção e sobrevivência de plantas, de animais e do homem. Essa qualidade é verificada pela interação dos três atributos: físico, químico e biológico, o que atribui à matéria orgânica um importante papel como componente dos agroecossistemas para promover sustentabilidade agrícola.

A MOS é considerada um dos indicadores mais úteis para avaliação da qualidade do solo, pois sua interação com diversos componentes do solo exerce efeito direto na retenção de água no solo, formação de agregados, densidade do solo (Ds), pH, capacidade tampão, capacidade de troca catiônica (CTC), mineralização, sorção de metais pesados, pesticidas e outros agroquímicos, infiltração, aeração e atividade microbiana. Essa importância deve-se ao fato da MOS apresentar-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por transformações contínuas sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos e recíproca

interação com os diferentes atributos. Além disso, a MOS é sensível às práticas de manejo, sendo eficiente no monitoramento de mudanças da QS no tempo (Guerra et al., 2008).

Vezzani e Mielniczuk (2009) analisando o estado da arte em QS relataram diversos trabalhos que vêm sendo realizados para identificar qual componente da MOS melhor representa os critérios exigidos para constituir um índice de QS, entre eles foram citados os teores de C e N nas frações total, MOP, biomassa microbiana do solo (BMS), fração leve, fração < 53 µm, o C lábil, o C e o N mineralizáveis, carboidratos e enzimas do solo. Associando-se aos conceitos modernos de qualidade do solo e sustentabilidade do ambiente e ou sustentabilidade agrícola emerge um conceito de "fertilidade do solo", no qual, segundo Denardin et al. (2012), a biologia e as propriedades físicas do solo, bem como as propriedades químicas e a prevenção de perdas de qualquer ordem, seja por erosão, lixiviação, volatilização e eluviação, desempenham papéis preponderantes, constituindo-se um referencial para a gestão conservacionista de sistemas agrícolas produtivos.

Assim, partindo-se da base conceitual da sustentabilidade do ambiente, sustentabilidade agrícola, qualidade do solo e "fertilidade do solo" e para melhor compreender a importância da MOS nos sistemas, a seguir serão descritas as suas relações com os atributos biológicos, físicos e químicos do solo. Salienta-se que essa separação é meramente didática, pois a matéria orgânica integra processos contínuos entre energia e matéria no ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matéria orgânica como condicionante do solo é essencial para a manutenção das suas funções. As práticas agrícolas e florestais com impacto no solo devem, portanto, ser adaptadas de forma a promover a sua manutenção ou aumento.

A matéria orgânica do solo desempenha um papel importante na sustentabilidade dos solos, influenciando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexo na estabilidade da produtividade dos agroecossistemas. Por relacionar-se a múltiplos aspectos do ambiente e do solo, a matéria orgânica pode ser alterada com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema utilizado, o que a torna um dos principais indicadores da qualidade do solo. O aumento dos teores de matéria orgânica do solo geralmente relaciona-se com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes, levando a um aumento na produtividade das culturas.

Há várias práticas de manejo que contribuem para o incremento da matéria orgânica do solo e sustentabilidade agrícola, incluindo, sistema de plantio direto, utilização de culturas de cobertura e pousio, rotação de culturas, sistemas agroflorestais, sistemas de integração lavoura pecuária, entre outros. Porém, considerando a diversidade edafoclimáticas existente entre os agroecossistemas, para cada região deve-se optar por sistemas de manejo adaptáveis as condições locais específicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conceição, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.
- Denardin, J.E.; Kochhann, R.A.; Faganello, A.; Santi, A; De-Nardin, N.A.; Wietholter, S. Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista. Passo Fundo: Embrapa Trigo, Documentos online 141, 15 p., 2012.
- Guerra, J.G.M.; Santos, G A.; Silva, L.S.; Camargo, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Santos, G A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 19-26, 2008.
- Melo, V.S. Avaliação da qualidade dos solos em sistemas de floresta primária-capoeirapastagem na Amazônia Oriental por meio de indicadores de sustentabilidade microbiológicos e bioquímicos. 2007. 145p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – UFRA, Belém, 2007.
- Mielniczuk, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: Santos, G A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P. & Camargo, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p. 1-5., 2008.
- Moreira, A.; Costa, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.39 n. 10, p. 1013-1019, 2004.
- Novais, R.F. et al. Fertilidade do solo. *Sociedade Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa. p.1017, 2007.
- Silva, I.V.; Mendonça, E. S.À. Matéria orgânica do solo. In: Novas, R. F; Alvarez V., V. H.; Barros, N. E, Fontes, R. L. E; Cantarutti, R. B. & Neves, J. C. L. *Fertilidade do solo*. I. ed., Viçosa: SBCS, p. 275-374, 2007.
- Stevenson, F.J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1994.
- Vezzani, F.M.; Mielniczuk, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 33, p. 743-755, 2009.

Índice Remissivo

A

adubação, 36, 38, 40, 43
agroecologia, 69

C

cinética de dessecção, 6, 11

E

Economia, 21, 22

F

fertilizantes, 36

G

grãos, 38, 39, 40, 41, 42, 43

M

matéria orgânica, 81, 87
melhoramento genético, 46

P



produção, 36, 39, 42, 43

T

tabuleiro, 69

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 74 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 50 organizações de e-books, 37 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

