

CAPÍTULO 7

Benefícios Essenciais e Exclusivos Gerados ao Solo pela Matéria Orgânica

João Kluthcouski e Dino Magalhães Soares

A matéria orgânica reduz a intensidade do efeito dos erros praticados pelos agricultores. A prática da agricultura, de um modo geral, tem sido uma atividade predatória em termos de conservação do solo. As terras agrícolas vêm sofrendo um processo de degradação de sua capacidade produtiva, tanto pelo inadequado uso do solo, devido à mecanização intensa e desordenada, como pelos sistemas agrícolas embasados na monocultura ou sucessões contínuas de culturas (MONDARDO, 1984). Nas regiões tropicais e subtropicais, a degradação do solo é ainda mais intensa. Afora os processos erosivos do solo, a mineralização da matéria orgânica chega a ser cerca de cinco vezes mais rápida do que aquela observada em regiões temperadas (SANCHEZ; LOGAN, 1992), o que, via de regra, sobrepõe-se às possibilidades de reposição nos sistemas convencionais de manejo dos solos e das culturas (DERPSCH, 1997).

Os solos dos Cerrados, notadamente os Latossolos, são de modo geral, de textura argilosa, bem estruturados, com alta estabilidade de agregados, principalmente microagregados, quando não antropizados. Estes solos são altamente intemperizados, com CTC dependente da matéria orgânica e composição mineralógica diferente das regiões temperadas (GOEDERT, 1980). Apesar disso, são solos profundos, bem drenados, porém com baixa capacidade de armazenamento de água, comportando-se como solos arenosos (LOPES, 1983). Essas considerações levam a concluir que a água retida no solo é suficiente para manter as culturas em franco desenvolvimento pelo período máximo de oito dias (CARMO, 1997).

Devido a essas características, sistemas de produção fundamentados no mínimo revolvimento do solo e na manutenção de níveis adequados de matéria orgânica assumem caráter relevante (FANCELLI; FAVARIN, 1989). A ação dos implementos agrícolas, principalmente do arado e grades de disco na mobilização do solo, muitas vezes em condições inadequadas de umidade em seu perfil, fraciona e desarranja os agregados do solo e acelera a oxidação da matéria orgânica, tornando os agregados menores e menos estáveis (DENARDIN; KOCHHANN, 1993). Características como muita chuva no verão e período seco no inverno são indesejáveis. O excesso de chuvas provoca erosão e a ausência de palha na superfície facilita a erosão eólica e os efeitos negativos da radiação solar (GASSEN; GASSEN, 1996).

No novo conceito de sistema agrícola produtivo, a fertilidade do solo assume uma abrangência maior do que a habitual, expressada apenas nos parâmetros de acidez, disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica. Os parâmetros físicos - armazenamento e conservação de água; armazenamento e difusão do calor; e permeabilidade ao ar, à água e às raízes - passam a ter relevância na avaliação da fertilidade do solo (DENARDIN; KOCHHANN, 1993). Nesse contexto, o emprego efetivo do Sistema Plantio Direto, "em função de suas prerrogativas básicas, mostra-se muito mais importante e eficiente para as regiões tropicais e subtropicais exploradas com agricultura" (FANCELLI; FAVARIN, 1989).

Por tudo isso, nas condições tropicais, as culturas não produzem satisfatoriamente em solos adensados e compactados, estes não oferecerem condições exigidas para a absorção de água e nutrientes em presença de temperatura elevada (PRIMAVESI, 1990).

A matéria orgânica do solo é importante na disponibilidade de nutrientes, agregação do solo e no fluxo de gases de efeito estufa entre a superfície terrestre e a atmosfera, além de representar o principal compartimento de carbono na biosfera, atuando como fonte e dreno para carbono e nutrientes, retenção de água, regulação da temperatura do solo, entre outros. Em resumo, a matéria orgânica, com uma CTC aparente de $280 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, é fundamental para:

- Através da sua decomposição, liberar gradualmente nutrientes para as plantas;
- Através da sua riqueza em carbono e nitrogênio, fornecer energia para os micro-organismos do solo;
- Através de substâncias húmicas, propiciar um solo bem estruturado com uma distribuição adequada de partículas sólidas, resultando no aparecimento de poros onde água e ar podem ser armazenados para plantas e raízes;
- Através de substâncias húmicas (ácidos húmicos) e não-húmicas (componentes alifáticos hidrofóbicos), de minhocas e de hifas de fungos, propiciar a formação e estabilidade de agregados (pequenos torrões), que condicionam a infiltração e drenagem de água no solo e a aeração, criando um habitat para a bióta do solo (fungos, bactérias e actinomicetos);
- Através das substâncias húmicas (principalmente ácidos fúlvicos), aumentar a CTC propiciando maior capacidade de retenção de nutrientes (ex. cálcio, magnésio e potássio), evitando que estes sejam

- lixiviados e, ao mesmo tempo, podendo abastecer a planta através da água do solo;
- Através de túneis construídos por térmitas do solo, minhocas e raízes mortas das plantas, possibilitar maior drenagem de água e movimentação de calcário em profundidade;
 - Através dos processos de decomposição e mineralização, produzir CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{4-} e SO_4^{4-} da matéria macromorgânica, contendo grande quantidade de N e S e, através de ácidos húmicos, ácido oxálico e málico, ter comprovada participação na disponibilização de P para as plantas;
 - Através de substâncias húmicas (ex. ácido fúlvico) e não-húmicas (ex. ácido cítrico), possibilitar a diminuição da toxicidade de metais, como o alumínio, para as plantas;
 - Através da combinação com moléculas orgânicas, afetar a bioatividade, persistência e biodegradação de defensivos;
 - Através de bactérias que se associam com raízes de plantas cultivadas (ex. soja), abastecer as plantas com nitrogênio, diminuindo custos de adubação nitrogenada para o agricultor;
 - Através de fungos micorrízicos e da rizosfera que se associam com as raízes de plantas, melhorar a eficiência das culturas em absorver o fósforo presente no solo;
 - Através dos micro-organismos, poder transformar diversos pesticidas em substâncias simples, que, ao atingirem águas subterrâneas ou rios e lagos, não causem danos à saúde pública;
 - Através das substâncias húmicas, promover a quelação com complexos estáveis de Mn, Zn e outros micronutrientes;
 - Através de todos os seus componentes, contribuir para a não ocorrência da mudança climática global ou "efeito estufa".

O SPD é uma das alternativas para, pelo menos, manter a matéria orgânica do solo e, segundo Muzilli (1981), as razões para a adoção deste sistema são, em ordem decrescente de prioridade: controle da erosão; ganho de tempo para a semeadura; economia de combustível; melhor estabelecimento da cultura; maior retenção de água no solo; economia de mão-de-obra e economia em máquinas e implementos. Gentil (1995) concluiu que se toda a área utilizada para a produção de grãos no Brasil fosse conduzida no SPD, a necessidade de tratores seria 58% menor e haveria redução no consumo de combustível e peças da ordem de 74% e 63%, respectivamente. Ainda de acordo com esse autor, os investimentos

em mecanização para o plantio direto são 47% inferiores àqueles necessários nos sistemas convencionais.

A manutenção da palhada na superfície do terreno no SPD, dentre muitos benefícios, é fonte de energia para os micro-organismos e para a mesofauna do solo, ativando suas ações. Nas condições tropicais, a atividade biológica é ainda mais intensa, com enorme diversidade de espécies de organismos. Segundo Gassen e Gassen (1996), estima-se que a mesofauna movimenta até 20% do solo em ambientes naturais, enquanto as raízes são responsáveis por cerca de 80% da movimentação biológica do solo. No processo de abertura das galerias pela fauna, ocorre, geralmente, a deposição de resíduos orgânicos nas câmaras, que, após decompostas e mineralizadas, melhoram as propriedades do solo. Neste contexto, o SPD com manutenção da cobertura sobre a superfície do solo traz benefícios incontestáveis.

Nos trópicos, então, é necessário criar alternativas que possibilitem o incremento gradual da matéria orgânica do solo. Infelizmente, a rotação ou sucessão grãos-grãos não tem sido promissora nesse contexto. Silveira e Stone (2001) observaram que, num período de seis anos, diferentes manejos do solo (aiveca, grade aradora, SPD) combinados com diferentes sucessões de culturas (arroz, feijão, milho, soja, trigo, calopogônio) não modificaram o *status* da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de matéria orgânica, nas camadas de solo de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade, determinados após as culturas de inverno, em quatro sistemas de preparo do solo, nos anos de 1993 a 1998.

Sistemas de preparo do solo	1992 (valor inicial)	1993	1994 g kg ⁻¹	1995	1996	1998
0 - 10 cm						
Arado/Grade	14,6	15,0	15,3	15,5	15,8	16,0
Plantio Direto	14,6	15,8	16,0	16,3	16,6	15,6
10 - 20 cm						
Arado/Grade	14,8	15,1	14,8	14,6	15,1	14,8
Plantio Direto	14,8	15,7	15,3	15,9	15,8	13,8
20 - 30 cm						
Arado/Grade	13,8	13,0	13,9	14,0	14,2	13,7
Plantio Direto	13,8	15,4	14,6	14,8	14,1	12,4

Fonte: adaptado de Silveira e Stone (2001).

Por outro lado, a inclusão de forrageiras tropicais em sucessão (Tabela 2) ou rotação (Figura 1) com culturas anuais graníferas tem sido promissora nesse atributo.

Tabela 2. Modificação da matéria orgânica do solo devido à sucessão braquiária-feijão e milho-feijão, Unaí, MG.

<i>Profundidade (cm)</i>	<i>Cultura antecessora</i>	<i>Matéria orgânica (g kg⁻¹)</i>
0 – 5	Braquiária	29
	Feijão	22
5 – 10	Braquiária	23
	Feijão	18
10 – 15	Braquiária	19
	Feijão	15
15 – 20	Braquiária	15
	Feijão	12

Fonte: Stone et al. (2005).

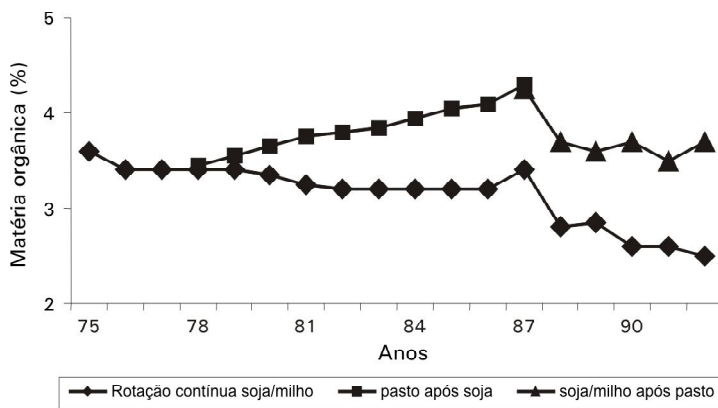


Fig. 1. Dinâmica da matéria orgânica na camada 0-20 cm de profundidade, em função de dois sistemas de rotação de culturas em um Latossolo dos Cerrados.

Fonte: Sousa et al. (1997).

Nesse contexto, observa-se na Tabela 3 que em solos pobres em matéria orgânica e com manejo convencional do solo, como é o caso de Brejinho de Nazaré-TO, dificilmente consegue-se rendimentos de feijão superiores a 3 t ha⁻¹. Por outro lado, verifica-se que a produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, é quase sempre superior a 3 t ha⁻¹ em solos com matéria orgânica superior a 24 g kg⁻¹, no perfil 0-20 cm de profundidade, como é observado em Cristalina e em Santo

Antônio de Goiás-GO. Neste último caso, mesmo com nível de matéria orgânica do solo em torno de 19 g kg^{-1} , porém com precedente braquiária durante dois anos consecutivos, as produtividades de várias cultivares de feijão ultrapassam $3,3 \text{ t ha}^{-1}$. Em solo de alta fertilidade, com matéria orgânica superior a 30 g kg^{-1} e com o precedente cultural palhada de braquiária, o rendimento do feijoeiro, cultivar Pérola, alcançou mais de 5 t ha^{-1} como observado em Santa Helena de Goiás-GO.

Tabela 3. Produtividade do feijoeiro, cv. Pérola, em função do teor de matéria orgânica do solo.

Local	Textura do solo	Fertilidade do solo	Palhada de cobertura	Manejo do solo	Matéria orgânica (g kg^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})
Brejinho de Nazaré, TO	Arenoso	Média	–	Convencional	7	1.719
Cristalina, GO	Argilo-arenoso	Média-alta	Braquiária	SPD	30	3.391
Santo Antônio de Goiás, GO	Argilo-arenoso	Média	–	Convencional	20	3.805
Santa Helena de Goiás, GO	Argiloso	Alta	Braquiária	SPD	33	4.462

Fonte: adaptado de Kluthcouski et al. (2006).

Referências

CARMO, D. A. S. Algumas considerações sobre agricultura irrigada na região dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 7., 1989, Brasília, DF. **Estratégias de utilização**: anais. 2. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 87–97.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Requisitos para a implantação e manutenção do sistema plantio direto. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19–27.

DERPSCH, R. Importância de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5., 1997, Mar del Plata. **Conferências**. [S.l.: s.n.], 1997. p. 153–176.

FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L. Realidade e perspectivas para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Assis: FEALQ: ESALQ, 1989. p. 15–34.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto**: o caminho do futuro. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GENTIL, L. V. Aspectos econômicos do plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA–CNPT, 1995. p. 9–12.

GOEDERT, W. J. Uso e manejo dos recursos naturais do cerrado: solo e clima. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. **Cerrado: uso e manejo.** Brasília, DF: Editerra, 1980. p. 475–498.

KLUTHCOUSKI, K.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. de A. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 113, p. 1-24, mar. 2006. Encarte técnico.

LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.

MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: TORRADO, P. V.; ALOISI, R. R. (Coord.). **Plantio direto no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 53–78.

MUZILLI, O. Cultura da soja: princípios e perspectivas de expansão. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná.** Londrina, 1981. p. 11-14. (IAPAR. Circular, 23).

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 549 p.

SANCHEZ, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Ed.). **Myths and science of soil of the tropics.** Madison: SSSA: ASA, 1992. p. 35–46. (SSSA. Special publication, 29).

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SOUSA, D. M. G.; VILELA, L.; REIN, T. A.; LOBATO, E. Eficiência de adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um Latossolo de cerrado In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 57-60.

STONE, L. F.; BALBINO, L. C.; COBUCCI, T.; WRUCK, F. J. Efeito do ambiente antecessor em alguns atributos do solo e na produtividade do feijoeiro. In: COBUCCI, T.; WRUCK, F. J. (Ed.). **Resultados obtidos na área pólo de feijão no período de 2002 a 2004.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 53-59. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 174).