

Melhorando a qualidade dos sistemas produtivos

Júlio Cesar Salton¹, Michely Tomazi²

¹Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

²Engenheira-agrônoma, doutora, pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Introdução

Uma análise atual dos sistemas agropecuários certamente irá expor expressivas diferenças entre estabelecimentos rurais, muitos dos quais em ambientes semelhantes, mas com resultados produtivos e econômicos muito contrastantes. Essa discrepância pode ser explicada por aspectos de ordem tecnológica, econômica ou social, caracterizando o que denominamos sistemas produtivos como “sustentáveis” ou “não sustentáveis”. No ponto que nos cabe discutir, relacionados às questões tecnológicas envolvidas na eficiência de tais sistemas produtivos, temos o solo como base de todos os processos e dessa forma, ao tratar da qualidade do solo, estaremos tratando da capacidade produtiva dos sistemas e de suas relações com o ambiente.

De forma rotineira, a qualidade do solo (QS) é avaliada por meio da quantificação de atributos químicos do solo (pH, bases trocáveis, CTC, teores de P, N, micronutrientes...) e adicionalmente por avaliações de atributos físicos do solo, como a resistência à penetração mecânica. No entanto, muitas vezes tais indicadores não são suficientes ou adequados para expressar a QS ou a sua efetiva capacidade produtiva. Como alternativa e/ou complemento a tais indicadores, tem sido apontado o teor e a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), como bom indicador da QS, pois esta interage intensamente com diversos atributos do solo, com a vantagem que sua determinação é mais simplificada que a coleta e processamento de amostras para determinações diretas das variáveis químicas, físicas e biológicas.

A seguir, são apresentados relatos de estudos sobre a QS, com base em avaliação da MOS e da estrutura do solo, em diferentes condições de sistemas de manejo, de solo e de clima.

Fazenda Boa Vista, Douradina, MS

Na Fazenda Boa Vista (Douradina, MS), em área de solo extremamente argiloso, 800 g kg^{-1} de argila, foram avaliados os teores de MOS no perfil do solo e a presença das raízes da soja, nos anos de 2010 a 2012, comparando os sistemas: a) soja/milho safrinha; b) soja/milho safrinha+braquiária.

Verificou-se que, ao longo do tempo, há efetivamente acúmulo de MOS nas camadas superficiais do solo quando a braquiária é utilizada em consórcio com o milho na entressafra. Como resultado das alterações no teor de MOS e nas interações com os demais atributos do solo, a melhoria na QS manifestou-se de forma a permitir que o sistema radicular da soja se desenvolvesse mais abundante, atingindo camadas mais profundas do solo (Figura 1), com evidentes implicações no desenvolvimento da cultura e na maior capacidade de resistir à ocorrência de veranicos.

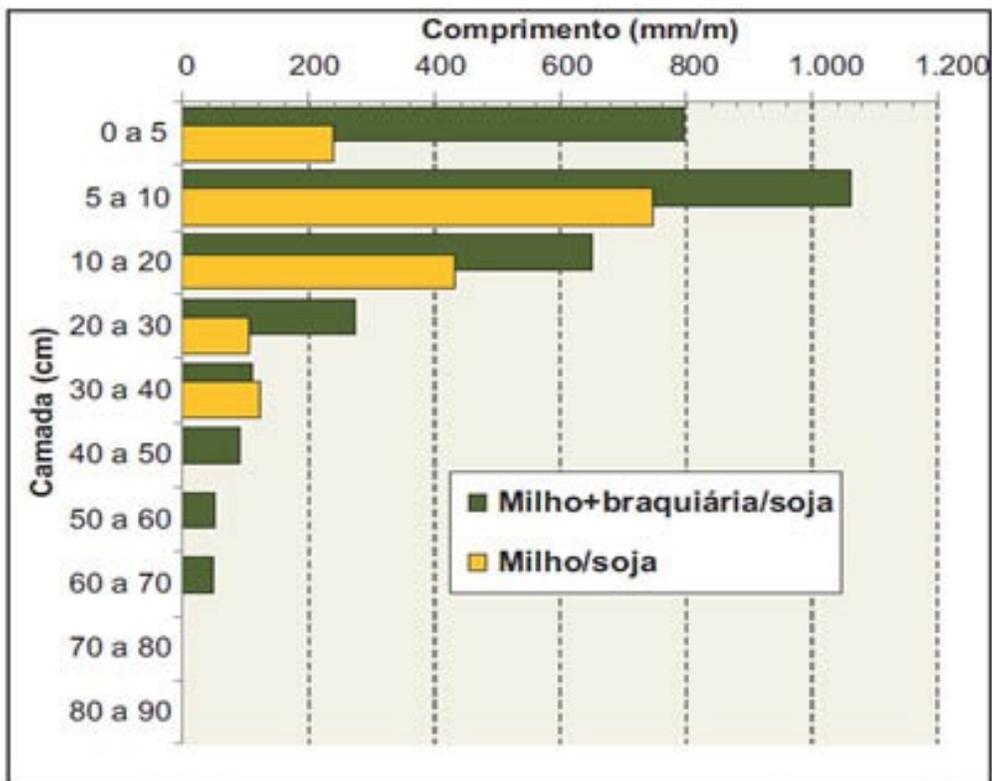
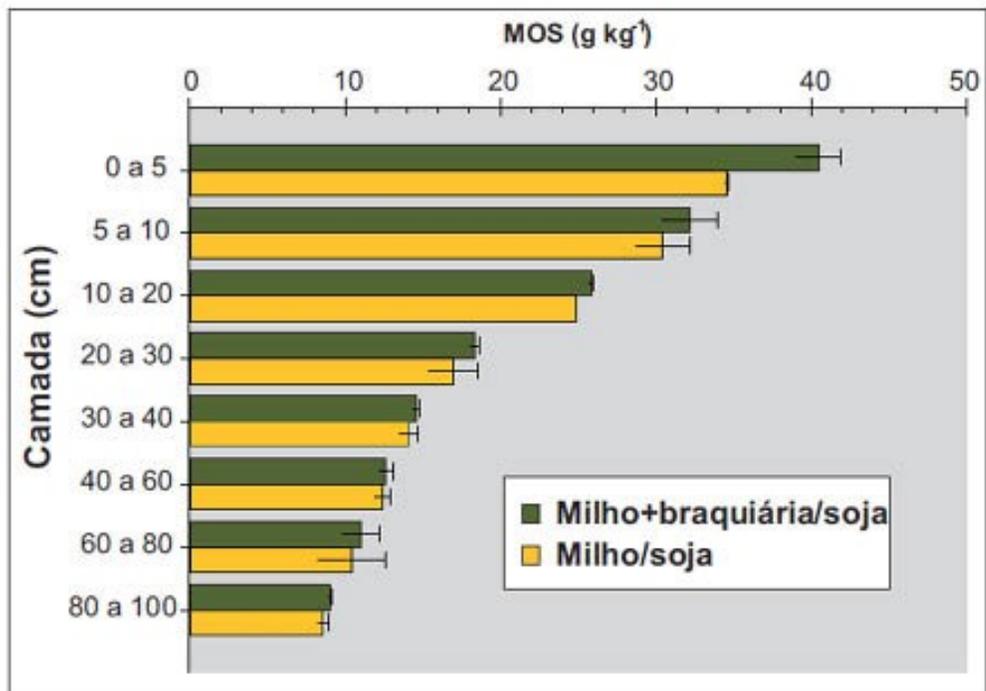


Figura 1. Teor de matéria orgânica do solo (MOS) e comprimento de raízes da soja cultivada num Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso, após três safras consecutivas com milho solteiro e milho consorciado com braquiária, na entressafra da soja. Fazenda Boa Vista, Douradina, MS, 2012.

Fonte: Salton e Tomazi (2014).

Área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Em experimento de longa duração implantado na Embrapa Agropecuária Oeste em Dourados, MS, em 1995, em Latossolo Vermelho Distroférico com 650 g kg^{-1} de argila, foram comparados quatro sistemas de manejo: (PC: monocultivo de soja com preparo do solo; SPD: rotação de culturas em Plantio Direto; ILP lav: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos – fase lavoura; ILP past: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos – fase pastagem; PP: pastagem permanente) quanto à dinâmica da MOS e à agregação do solo

Verificou-se que o teor de MOS variou ao longo do tempo, havendo redução no sistema com monocultura de soja e com o preparo do solo (PC), enquanto que nos demais sistemas houve aumento, porém com estabilização em níveis e tempos diferentes, obedecendo a sequência: SPD < ILP < PP (Figura 2). A distribuição da MOS no perfil do solo também foi influenciada pelos sistemas de manejo, apresentando maior acúmulo na camada superficial para os sistemas com a presença de pastagens em rotação com a soja ou de forma permanente (Figura 3).

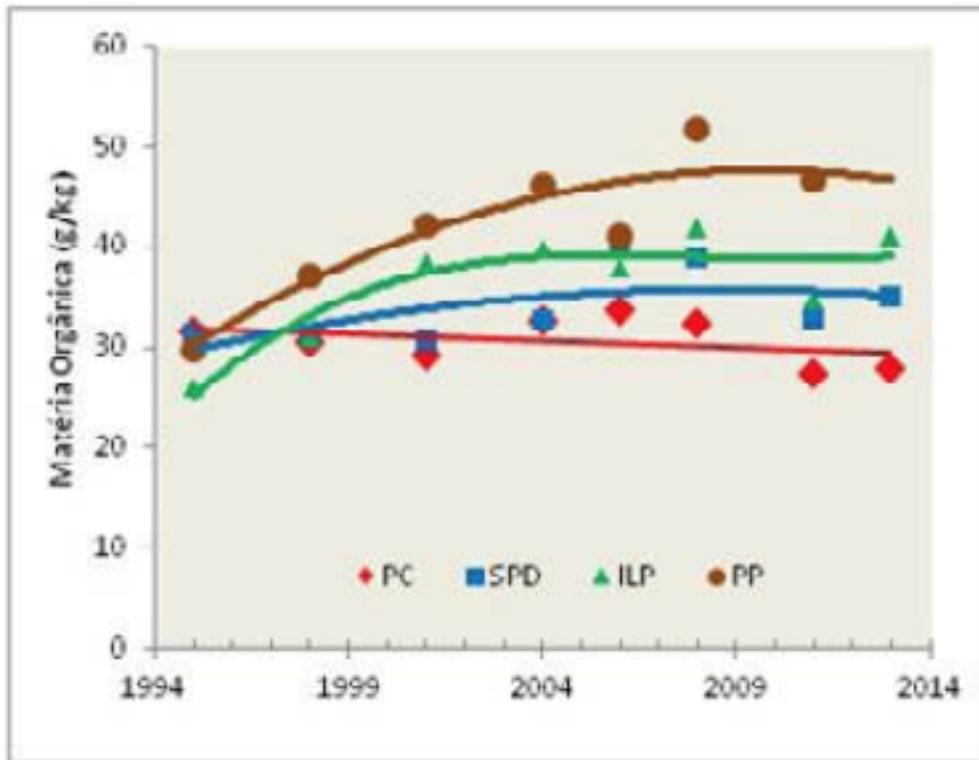


Figura 2. Evolução do teor de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho distroférrico muito argiloso de Dourados, MS submetido a sistemas de manejo (PC: monocultivo de soja com preparo do solo; SPD: rotação de culturas em Plantio Direto; ILP: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos; PP: pastagem permanente).

Fonte: Salton et al, dados não publicados

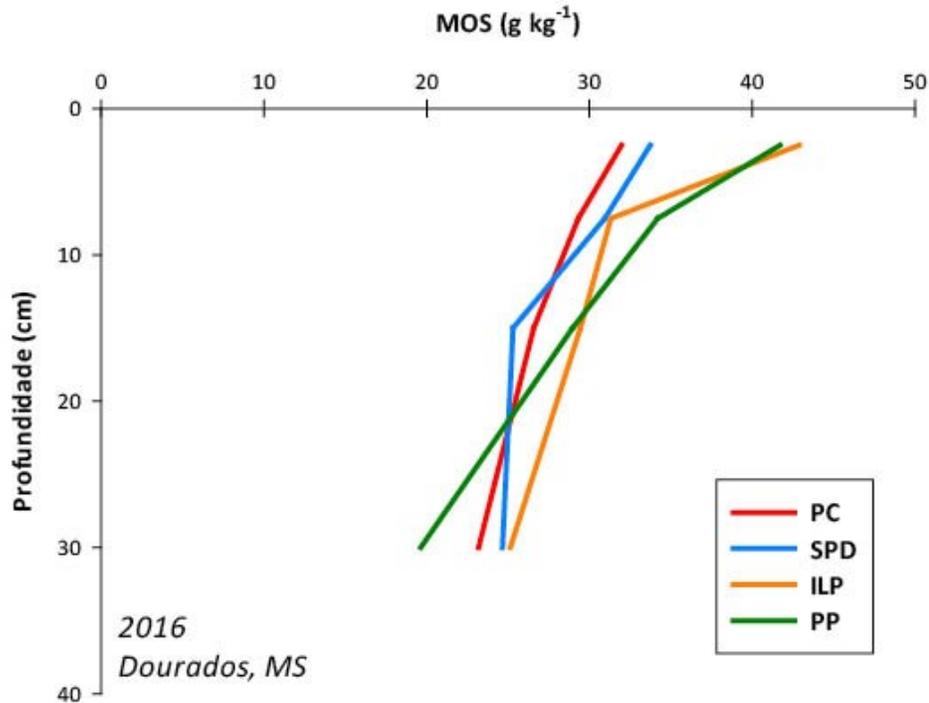


Figura 3. Teor de matéria orgânica no perfil de um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso submetido sistemas de manejo do solo por 20 anos. Dourados, MS (PC: monocultivo de soja com preparo do solo; SPD: rotação de culturas em Plantio Direto; ILP: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos; PP: pastagem permanente).

Fonte: adaptado de Pavei (2016).

As interações que ocorrem entre a MOS e atributos do solo, sejam químicos, físicos ou biológicos interferem em diferentes graus no funcionamento dos sistemas de produção. Uma das relações mais importantes está na adequação da estrutura do solo com impactos nas diversas funções do solo e no crescimento das plantas. A formação de macroagregados estáveis é fundamental para que o solo apresente boa estrutura física e talvez seja uma boa maneira de expressar a organização dos componentes do sistema solo. A Figura 4 apresenta a qualidade estrutural do solo de diferentes sistemas de manejo medida na forma de porcentagem de desagregação quando os agregados são expostos a níveis crescentes de energia. Verifica-se claramente o efeito das pastagens, na maior resistência dos macroagregados, possivelmente pela maior atividade do sistema

radicular, em comparação aos sistemas sem a presença de pastagens.

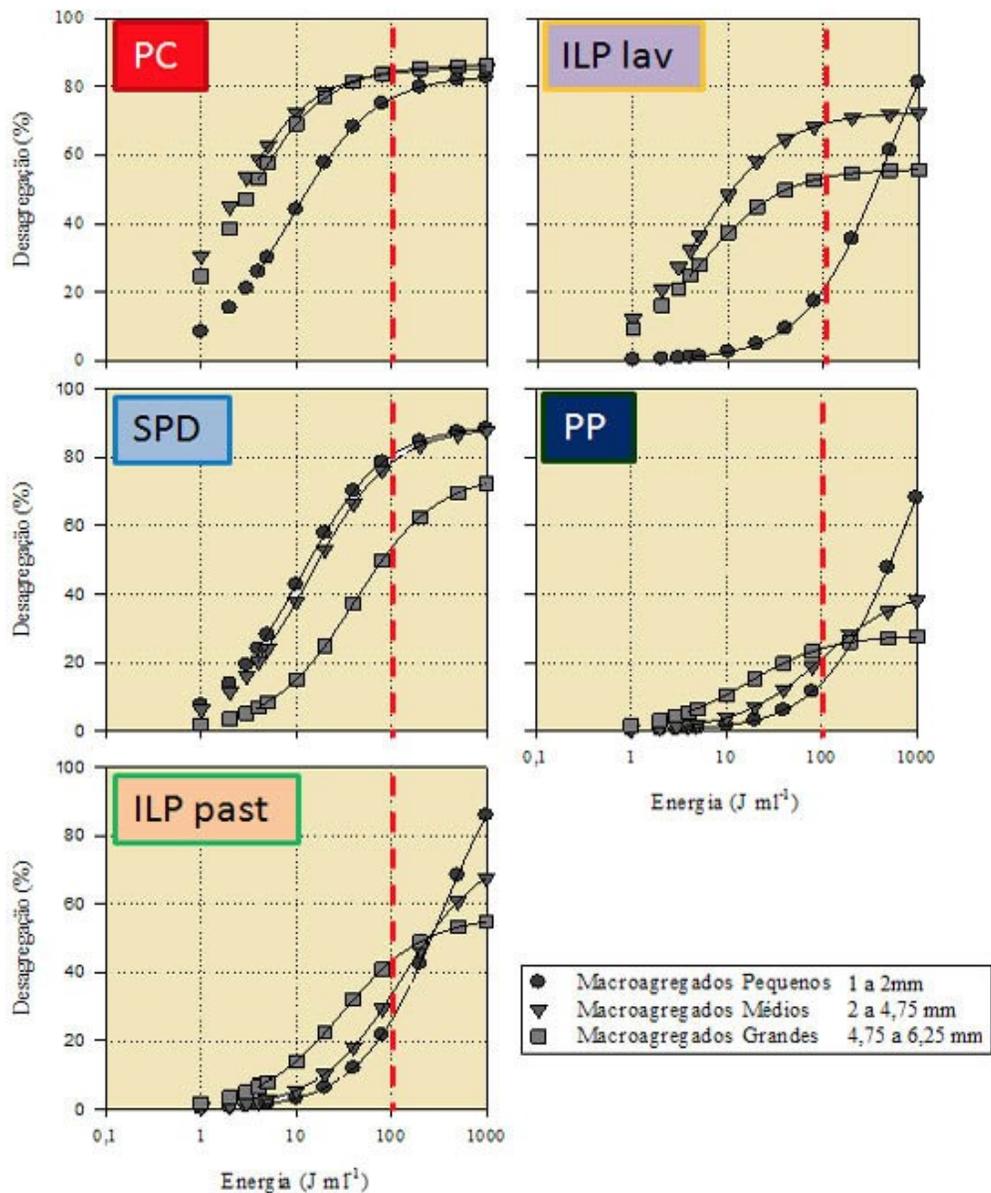


Figura 4. Desagregação de macroagregados oriundos de um Latossolo Vermelho Distroférico, muito argiloso de Dourados, MS, submetidos a níveis crescentes de energia ultrassônica (PC: monocultivo de soja com preparo do solo; SPD: rotação de culturas em Plantio Direto; ILP lav: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos – fase lavoura; ILP past: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos – fase pastagem; PP: pastagem permanente).

Fonte: Adaptado de Ramos (2016).

Campo Experimental da Embrapa, Ponta Porã, MS

Experimento implantado em 2010 no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Ponta Porã, MS, em um Latossolo Vermelho 350 g kg^{-1} de argila, foram comparados os sistemas de produção: PC - monocultivo de soja com preparo do solo; SPD - sucessão soja / milho + braquiária em Plantio Direto; ILP - rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos; ILPF - rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos entre renques de eucaliptos; PP - pastagem permanente, quanto ao acúmulo de MOS ao longo do tempo.

Observou-se que nos sistemas com a presença de pastagens houve acúmulo de carbono, enquanto que nos sistemas de monocultivo de soja com preparo do solo (PC) e com rotação de culturas no SPD houve perdas em torno de $0,50 \text{ g kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono orgânico na camada de 0 a 20 cm do solo, que resultaram em balanço negativo (Figura 5). Entre as áreas cultivadas sem revolvimento do solo (SPD, ILP e ILPF), é importante ressaltar a importância do tempo de uso da braquiária para o aumento de carbono no solo. Enquanto no SPD a braquiária foi cultivada com milho safrinha, sendo dessecada no início do período chuvoso, nas outras áreas era mantida por 2 anos e sob pastejo, o que contribuiu para maior acúmulo de carbono no solo.

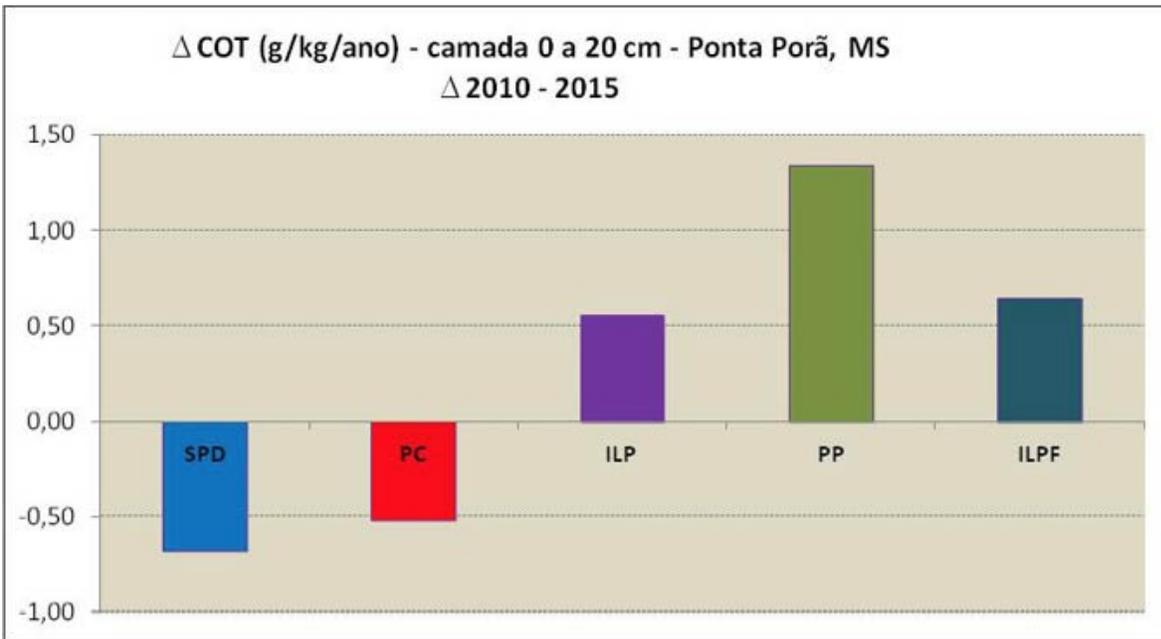


Figura 5. Balanço do teor de carbono orgânico total de um Latossolo Vermelho de textura média de Ponta Porã, MS após cinco anos de uso dos sistemas de manejo PC: monocultivo de soja com preparo do solo; SPD: sucessão de culturas em Plantio Direto; ILP: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos; ILPF: rotação soja/pastagem em ciclos de 2 anos entre renques de eucaliptos; PP: pastagem permanente.

Fonte: Adaptado de Salton et al. (2015).

Fazenda São Mateus, Selvíria, MS

Em solo de textura arenosa (90 g kg^{-1} de argila), na Fazenda São Mateus, município de Selvíria, MS, durante oito safras foram monitorados alguns atributos de solo em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária conduzidos de acordo com os fundamentos estabelecidos no Sistema São Mateus, no qual antes da cultura da soja foi cultivado pastagem para adequação física do solo conforme o esquema apresentado na Figura 6.

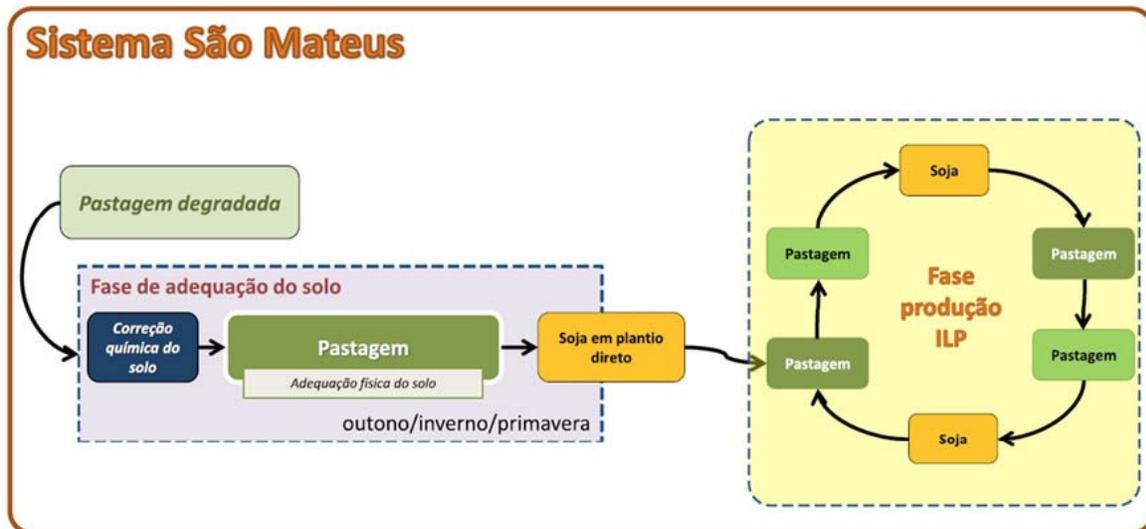


Figura 6. Esquema simplificado das principais etapas para implantação do Sistema São Mateus, partindo de uma pastagem degradada e concluindo com o estabelecimento de um sistema integrado de produção. Fonte: Salton et al. (2013).

As alterações ocorridas nos teores de matéria orgânica do solo em camadas do solo submetidos a diferentes sistemas de manejo durante o período de sete anos estão apresentadas na Tabela 1, no qual se verifica que o sistema de ILP, que nesse caso consistia de dois anos com pastagem e um ano com soja, resultou em aumentos de 32%, 26% e 12% respectivamente para as camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm em comparação à condição da pastagem considerada como condição de referência, sem uso de corretivos (Past ref).

Tabela 1. Teor médio da matéria orgânica do solo avaliado em 2015 após condução dos sistemas de manejo⁽¹⁾ por sete anos na Fazenda São Mateus, Selvíria, MS.

Teor médio da matéria orgânica do solo avaliado em 2015, após condução dos sistemas de manejo por 7 anos, fazenda São Mateus, Selvíria,MS.	Camada	PD	PC	ILP	Past ref	Past rec
	--- cm ---	----- g/kg -----				
	0 a 5	12,4	11,3	14,0	10,6	12,2
	5 a 10	9,0	8,9	10,3	8,2	10,1
	10 a 20	7,3	7,9	9,0	7,5	7,2
	20 a 40	5,4	5,9	6,3	6,2	6,0

⁽¹⁾ PD: soja em plantio direto; PC: soja em preparo convencional; ILP: rotação soja/pastagem por 2 anos em plantio direto; Past ref: Pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu na condição de manejo da fazenda; Past rec: Pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu após correção química do solo.

Fonte: Salton et al. (2017).

A comparação dos teores de MOS ao longo do tempo, para os diferentes sistemas de manejo com o cultivo da soja, possibilitou a contabilização das perdas ou acúmulo no perfil do solo. Como resultado de tal balanço observou-se que apenas no sistema ILP houve acúmulo de MOS, enquanto que para os sistemas PD e PC verificou-se perdas em todas as camadas avaliadas do perfil do solo (Figura 7).

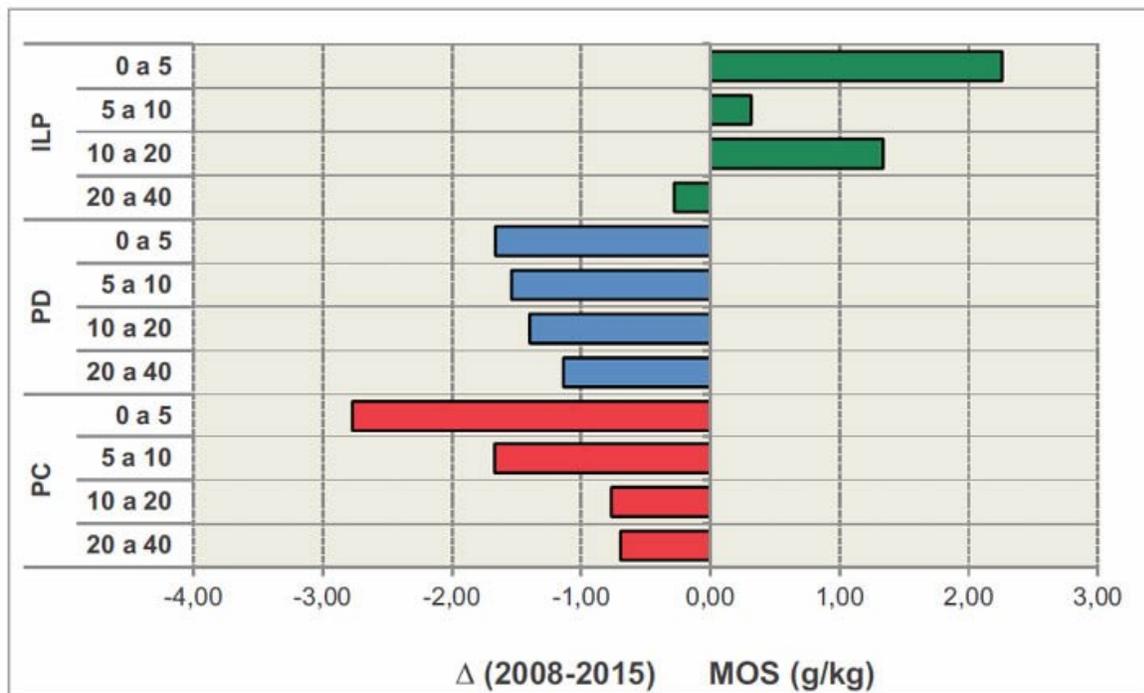


Figura 7. Balanço dos teores de matéria orgânica (MOS) em camadas do solo submetido a sistemas de manejo (PC: preparo convencional; PD: plantio direto; ILP: rotação soja–pastagem em plantio direto), no período entre 2008 e 2015, na Fazenda São Mateus, Selvíria, MS.

Fonte: Salton et al.,2017.

Certamente relacionado às perdas de carbono no solo, a menor qualidade estrutural do solo foi observada pela redução acentuada do índice de estabilidade dos agregados do solo (IEA), o qual decai ao longo do tempo. No caso da fazenda São Mateus, em cinco anos, o IEA caiu de valores próximos a 1,0 para cerca de 0,3 no sistema convencional, enquanto que no sistema ILP ficou em torno de 0,75 (Figura 8).

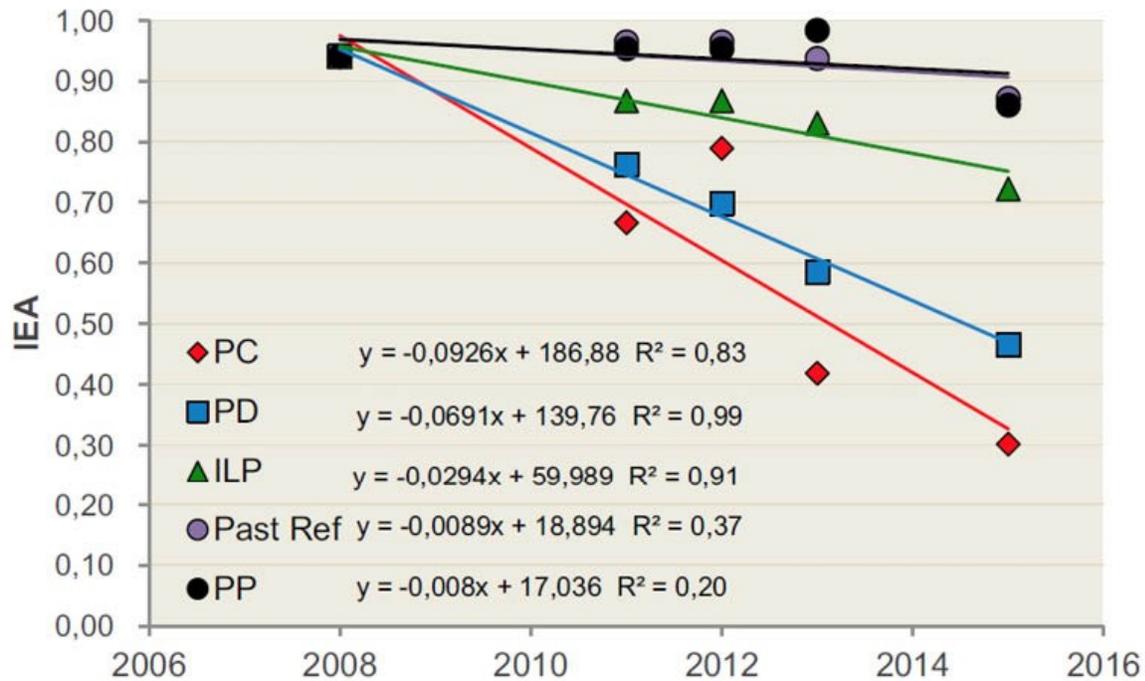


Figura 8 Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA) observado ao longo do tempo para sistemas de manejo do solo (PC = preparo convencional; PD = plantio direto; ILP = rotação soja–pastagem em plantio direto; Past Ref = pastagem conduzida nas condições originais de manejo; PP = pastagem recuperada e conduzida de forma permanente), na Fazenda São Mateus, Selvíria, MS.

Fonte: Salton et al. (2017).

A Rede de Pesquisa SoloVivo (RPSV) vem atuando na região Centro-Sul do Brasil, onde, em absoluta maioria, os sistemas produtivos envolvem o cultivo de grãos com predominância absoluta da soja no período do verão e do milho na entressafra, contudo há ainda parcela da área cultivada em que o sistema de produção envolve soja/pousio, ou seja, não se cultiva no outono-inverno, resultando em solo sem culturas de cobertura (Tabela 2). Essas práticas são muito importantes para direcionar o sentido em que o processo de evolução da QS irá seguir no tempo.

Estudos indicam que no Sul do Brasil, para manter os estoques de matéria orgânica no solo sob SPD e garantir os benefícios deste sistema, é necessário adicionar $5,4 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de carbono ou aporte de $13,5 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de massa seca de resíduos vegetais (MS). No sistema de preparo do solo com revolvimento, esse montante de MS seria de $21 \text{ Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Para o Centro-Oeste, Zanatta e Salton (2010) informam que a necessidade de adição de resíduos para manter os estoques de matéria orgânica no solo sob SPD é de aproximadamente 6,3 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de carbono, ou seja, 16 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de MS. Esses autores apontam ainda que os cultivos tradicionais em tais regiões, como a sucessão soja/milho ou soja/trigo, resultam em aporte médio de 4,49 + 6,14 = 10,63 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de carbono e 4,49 + 2,13 = 6,62 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de carbono, respectivamente. Esses valores são inferiores às necessidades *mínimas para manutenção do equilíbrio no estoque de carbono no solo, o que estaria conduzindo os sistemas produtivos à perda gradual da MOS e a conseqüente degradação e perda da capacidade produtiva do solo.*

Assim, para ampliar a QS e a capacidade produtiva dos solos da região Centro-sul é necessário que sejam inseridos nos cultivos, espécies com maior capacidade de produção de massa vegetal tanto pela parte aérea como pelas raízes associada à ausência do revolvimento da superfície do solo.

Tabela 2. Área (ha x 1000) ocupada pelos cultivos de grãos e fibra na safra 2017/18 no período de primavera/verão e outono/inverno nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Período de cultivo	Cultura	Estado				
		GO	MS	PR	RS	SP
Primavera/verão	Soja	3.386,7	2.656,0	5.464,8	5.692,1	961,6
	Milho	214,2	15,5	333,1	728,4	355,6
	Sorgo	248,0	7,0		9,5	10,5
	Algodão	33,0	30,0			5,9
	Feijão	56,2	0,8	199,8	39,5	80,0
	Subtotal	3.938,1	2.709,3	5.997,7	6.469,5	1.413,6
Outono/inverno	Milho	1.210,3	1.689,5	2.146,7		480,1
	Trigo	11,0	20,0	961,5	699,2	79,9
	Aveia		29,0	63,1	248,2	
	Girassol	16,0	0,7		3,3	
	Feijão	94,1	27,0	205,4	19,3	26,5
	Amendoim		2,5			4,9
	Canola			4,8	43,3	
	Cevada			50,2	57,0	
	Subtotal	1.331,4	1.768,7	3.431,7	1.070,3	591,4
	Outros usos	2.606,7	940,6	2.566,0	5.399,2	822,2

Fonte: Conab (2018)

Considerações finais

De modo geral, a utilização de determinadas práticas pode desencadear uma série de consequências e acelerar a evolução do processo de melhorias na QS ou, no sentido contrário, na perda da QS. Entende-se que os processos têm início na decisão de manter a superfície do solo exposta à ação das intempéries ou de protegê-lo com a manutenção de palha ou restos culturais de plantas de cobertura que ainda enriquecem o solo com a presença e atividade do sistema radicular, estimulando a atividade biológica e acúmulo de carbono no interior do solo. No sentido contrário, a ausência de carbono e material vegetal fresco acaba por reduzir a matéria orgânica e a fertilidade do solo. A Figura 9 apresenta de forma esquemática algumas etapas dos processos de melhoria ou perda da QS e conseqüentemente da capacidade produtiva dos sistemas agropecuários.

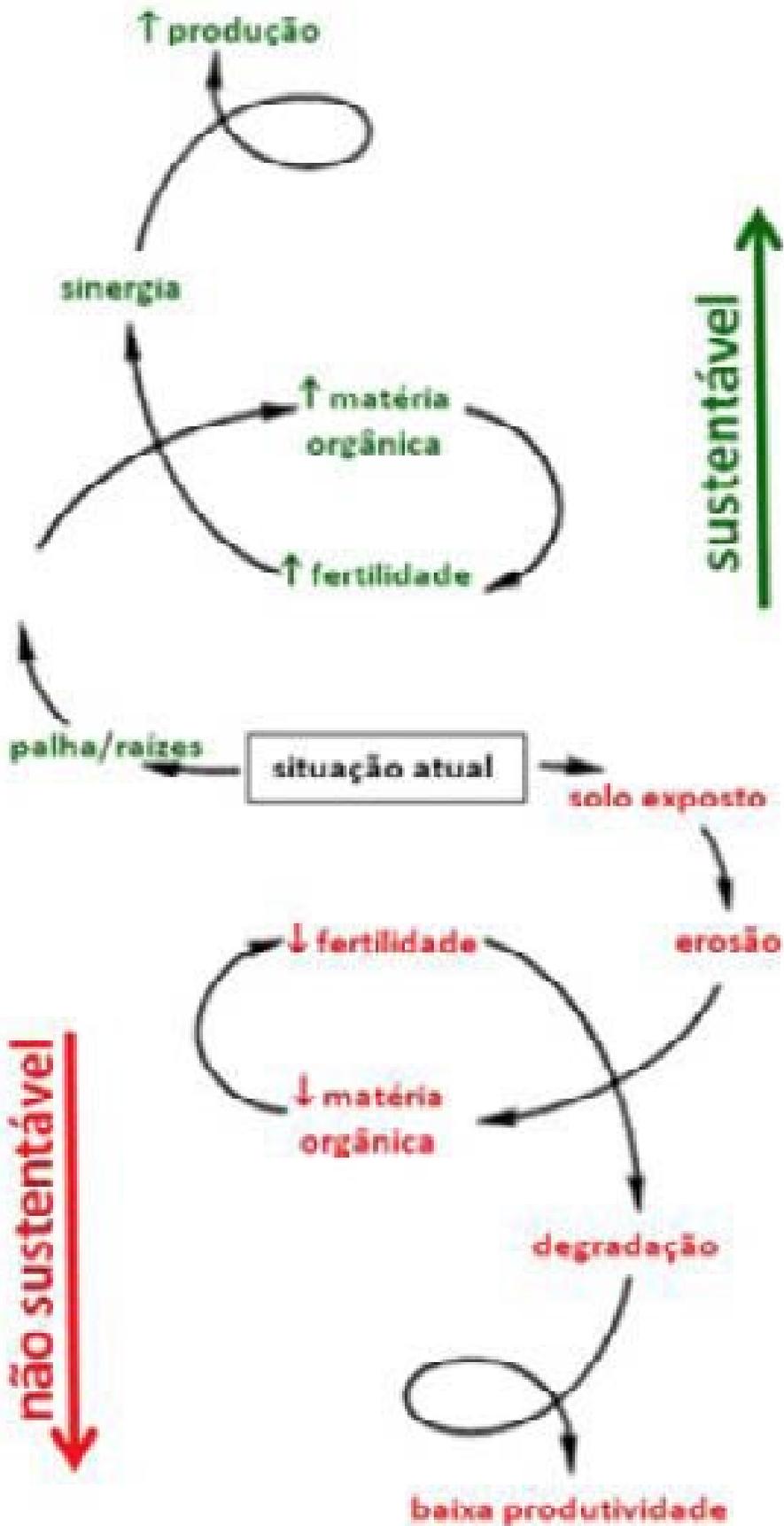


Figura 9. Esquema apresentando fluxos e etapas de processos de melhoria e perda de qualidade e capacidade produtiva do solo.

Referências

CONAB - Informações Agropecuárias. Disponível em:

<<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em 12 de março de 2018.

PAVEI, D. S. **Efeitos de sistemas agropecuários convencionais e conservacionistas na erosão hídrica, infiltração e atributos do solo.** 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

RAMOS, F. da S. **Energia ultrassônica associada a estabilidade de agregados de um Latossolo sob sistemas de manejo.** 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

SALTON, J. C.; ARANTES, M.; ZIMMER, A. H.; RICHETTI, A.; TOMAZI, M.; KRUKER, J. M.; MERCANTE, F. M.; KICHEL, A. N. **Sistema São Mateus:** viabilidade técnica-econômica do sistema integrado de produção no Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 12 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular técnica, 40).

SALTON, J. C., TOMAZI, M. **Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 198).

SALTON, J. C.; FLUMIGNAN, D. L.; TOMAZI, M.; DUBOC, E.; KRUKER, J. M.; SOARES, R. B.; BAUNGARTNER, J. J. Performance of integrated systems (CLS and CLFS) in Ponta Porã, Brazil. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Towards sustainable intensification:** proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. **Sistema São**

Mateus - Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

ZANATTA, J. A.; SALTON, J. C. O SPD no sequestro de carbono. **A Granja**, Porto Alegre, v.66, n. 734, p. 57-59, fev. 2010.