



XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas
XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas
XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo
VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.
Centro de Convenções do SESC

Contribuição da integração lavoura-pecuária para a agricultura de baixo carbono em Mato Grosso

Julio Cezar Franchini⁽¹⁾; Henrique Debiassi⁽²⁾; Flavio Jesus Wruck⁽³⁾; Ladislau Araújo Skorupa⁽⁴⁾; Irio José Guisolphi⁽⁵⁾ & Adão Lari Caumo⁽⁶⁾

(1) Pesquisador, Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, Distrito de Warta, Caixa Postal 231, Londrina, PR, CEP: 86001-970, franchin@cnpso.embrapa (apresentador do trabalho); (2) Pesquisador, Embrapa Soja, debiasi@cnpso.embrapa; (3) Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000, fjwruck@cnpaf.embrapa.br; (4) Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, Jaguariúna, SP, CEP 13820-000, skorupa@cnpma.embrapa.br; (5) Técnico Agropecuário, Plantagro Assessoria Agrônômica Ltda, Caixa Postal 001, Querência, MT CEP 78643-000, caumoguisolphi@yahoo.com.br; (6) Engenheiro Agrônomo, Plantagro Assessoria Agrônômica Ltda, Caixa Postal 001, Querência, MT CEP 78643-000, caumoguisolphi@yahoo.com.br

RESUMO – Além dos benefícios econômicos, o emprego de sistemas de integração lavoura-pecuária (SILPs), associado ao sistema plantio direto (SPD), pode contribuir para a mitigação das emissões de gases causadores de efeito estufa. O objetivo desse trabalho foi avaliar a contribuição do SPD e do SILP para a mitigação das emissões de CO₂ para a atmosfera, na região Nordeste do Estado do Mato Grosso. As avaliações foram realizadas em um SILP implantado no verão de 2007 em uma propriedade rural, localizada no município de Querência, nordeste de Mato Grosso, sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média. Na estação chuvosa, 40% da área do SILP é ocupada com pastagem de *Brachiaria brizantha*, 40% com soja e 20% com arroz de sequeiro. Durante a estação seca, nas áreas ocupadas com lavoura no período chuvoso, são empregados consórcios de milho, milho, sorgo forrageiro e girassol com *Brachiaria* spp. O preparo convencional antecedendo a cultura do arroz, durante apenas uma safra, reduziu os teores de MOS, resultando na perda de 2,8 Mg ha⁻¹ de C na camada de 0,0-0,2 m. A utilização de SILPs que contemplem o emprego de pastagens perenes, associada ao SPD, tem potencial para mitigar o impacto ambiental das atividades agropecuárias, por meio do sequestro de até 29,8 Mg ha⁻¹ de CO₂ nos dois primeiros anos de adoção dos sistemas.

Palavras-chave: matéria orgânica do solo, sistema plantio direto, forrageiras tropicais

INTRODUÇÃO – O sistema de plantio direto (SPD) é reconhecido como uma das formas mais sustentáveis para a condução do sistema produtivo

de grãos. Recentemente, o SPD tem evoluído com o advento de sistemas que buscam a sinergia entre as atividades agrícola e pecuária, conhecidos como sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP). A intensificação do uso da terra, por meio da adoção dos SILPs, tem se mostrado uma opção viável em diversas regiões brasileiras, particularmente em Mato Grosso. Esses sistemas viabilizam a diversificação das atividades, permitindo assim a rotação de culturas com soja, arroz, milho, milho, sorgo e forrageiras tropicais perenes. Com isso, há aumento do aporte de fitomassa da parte aérea e raízes, o que, associado ao SPD, pode contribuir para o aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS) e dos estoques de carbono (C), conforme detectado por Salton et al. (2005).

Os efeitos benéficos da MOS sobre a qualidade física, química e biológica do solo e, consequentemente, sobre a produtividade das culturas, são bem documentados na bibliografia (Bayer & Mielniczuk, 2006). Sob o ponto de vista ambiental, o acúmulo de MOS resulta na retirada de CO₂ da atmosfera e/ou conservação do mesmo no solo, na forma de compostos orgânicos. Diante disso, práticas de manejo do solo que contribuam para o aumento da MOS podem contribuir para a mitigação das emissões de CO₂ e, consequentemente, para a redução dos impactos relacionados ao aquecimento global (Bayer et al., 2000).

O potencial de sequestro de C por meio do manejo adequado do solo tem sido estudado por diversos grupos de pesquisa no Brasil. No entanto, a diversidade de clima, solo e de sistemas produtivos exige a realização de mais pesquisas que quantifiquem a contribuição de práticas de manejo

do solo para a mitigação das emissões de C nas diferentes regiões brasileiras. Dados dessa natureza podem subsidiar políticas públicas de incentivo à adoção de práticas de manejo do solo e/ou sistemas de produção ambientalmente sustentáveis, como o programa ABC – Agricultura de Baixo Carbono (Brasil, 2010). Isso é particularmente importante no nordeste do Mato Grosso, onde o setor agropecuário é permanentemente pressionado pela sociedade no sentido de que sejam adotadas tecnologias ambientalmente sustentáveis.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a contribuição do SPD e do SILP para a mitigação das emissões de CO₂ para a atmosfera, na região Nordeste do Estado do Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS - Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em uma unidade de validação de tecnologia de 110 ha, conduzida desde 2007, na Fazenda Certeza, localizada em Querência, região nordeste do Mato Grosso, sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo (300 g kg⁻¹ de argila). Essa área foi incorporada à agricultura em 1996, com a derrubada da vegetação nativa (mata de transição entre cerrado e floresta tropical) e cultivo, no primeiro ano, de arroz de sequeiro. De 1997 a 2006, a área foi sob um sistema de preparo mínimo composto pela semeadura direta da soja sobre palhada de milho, cuja implantação e manejo dos resíduos eram feitos com grade niveladora.

No verão de 2007, a área foi dividida em cinco módulos de 22 ha, de modo a abranger todas as fases de um SILP de cinco anos. A sequência de culturas utilizadas em cada módulo é mostrada na Tabela 1. Na estação chuvosa, têm-se dois módulos ocupados com pastagem permanente de *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã, dois com soja e um com arroz. Ou seja, nesse período, 60% da área é ocupada por agricultura e 40% por pecuária. Durante a estação seca, além dos dois módulos com pastagem permanente, são empregados consórcios de milho, milho, sorgo forrageiro e de girassol com *Brachiaria* spp. nos três módulos ocupados no verão por lavouras. As pastagens permanentes são pastejadas durante todo o ano. As forrageiras implantadas na segunda safra são utilizadas para pastejo após a colheita das espécies produtoras de grãos. No SILP vem sendo utilizado, em média, uma lotação de 2 e 6 unidades animal (UA) ha⁻¹ [unidade animal = 450 kg de peso vivo (PV)], durante a estação seca e chuvosa, respectivamente. As fases do sistema são alternadas entre os módulos, de forma que um dado tratamento volta a ocupar o mesmo módulo após cinco anos. À exceção do arroz no módulo 1 (safra 2008/09), implantado sob sistema de preparo convencional – SPC (duas gradagens pesadas seguidas de duas gradagens

leves) toda a área vem sendo manejada sob SPD desde a implantação do SILP.

Em agosto de 2009, foram coletadas 46 amostras deformadas de solo na camada de 0,0-0,2 m de profundidade para a determinação do teor de C orgânico do solo, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997). A amostragem foi realizada seguindo os princípios da agricultura de precisão, utilizando uma grade amostral de 2,5 ha, com 6 subamostras coletadas aleatoriamente dentro de cada grade. Os teores de C foram convertidos em teores de MOS, os quais foram utilizados para a elaboração de um mapa de variabilidade espacial, utilizando-se o programa Farmworks®. Para o cálculo dos estoques de C orgânico, também foram coletadas, nas camadas de 0,0-0,1 e 0,1-0,2 m, amostras de solo indeformadas (cilindro de aço inox de 100 cm³), em cinco trincheiras dentro de cada módulo do SILP. Essas amostras foram utilizadas para a determinação da densidade solo, conforme Embrapa (1997). O estoque de C foi calculado a partir do teor de C no solo (g kg⁻¹) x densidade do solo (Mg m⁻³) x espessura da camada de solo (cm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO – As áreas ocupadas por pastagem permanente de *B. brizantha* (módulos 4 e 5) apresentaram os maiores teores de MOS em relação às áreas ocupadas com agricultura na estação chuvosa e consórcios de grãos e forrageiras na segunda safra (módulos 1, 2 e 3) (Figura 1). Os menores teores de MOS foram observados no módulo 1, caracterizado pelo cultivo de arroz de sequeiro em SPC (duas gradagens pesadas + duas gradagens leves) na safra 2008/2009. As diferenças nos teores de MOS refletiram-se também no estoque de C orgânico (Tabela 1). Os maiores estoques de C ocorreram nos módulos ocupados por pastagens permanentes, enquanto que o menor foi observado no módulo onde o arroz foi cultivado sob SPC. Já os módulos 2 e 3, manejados sob SPD e alternando culturas de grãos na estação seca com consórcios entre espécies graníferas e forrageiras na segunda safra, apresentaram valores intermediários de estoque de C.

Esses resultados comprovam a importância do SPD para mitigar as emissões de CO₂ pelas atividades agrícolas. Nesse sentido, verifica-se que a média dos estoques de C nos módulos 2 e 3, considerando a camada de 0,0-0,2 m, foi de 33,9 Mg ha⁻¹, contra 31,1 Mg ha⁻¹ no módulo 1. Considerando que o sistema de culturas e, portanto, o aporte de C via resíduos de plantas foi similar entre esses módulos, pode-se inferir que apenas um ciclo de SPC foi responsável pela perda de 2,8 Mg ha⁻¹ de C, o que corresponde à emissão de 10,3 Mg ha⁻¹ de CO₂. Esse valor equivale às emissões de CO₂ proporcionadas pela combustão de 3600 litros ha⁻¹

de diesel. Além de incorporar os resíduos vegetais, aumentando seu acesso aos micro-organismos decompositores, o revolvimento do solo no SPC, ao fracionar os agregados, expõe a MOS antes fisicamente protegida no interior dos agregados à ação da microbiota do solo, resultando na diminuição dos estoques de C orgânico (Diekow, 2003). Menores teores de MOS e estoques de C orgânico no SPC em relação ao SPD também tem sido encontrados em trabalhos realizados sob outras condições edafoclimáticas e sistemas produtivos (Bayer et al., 2000; Conceição et al., 2005).

Junto com o SPD, a inclusão de pastagens de perenes, por meio dos SILPs, também se constitui em uma medida eficiente de mitigação das emissões de CO₂. A média dos estoques de C nos módulos 4 e 5, cuja sequência de culturas incluiu pastagem permanente de *B. brizantha*, foi 4,5 Mg ha⁻¹ maior comparativamente à média dos módulos 2 e 3, também conduzidos sob SPD, mas caracterizados por um sistema de culturas sem pastagens permanentes (Tabela 2). Considerando que a avaliação do estoque de C foi realizada dois anos após a implantação do SILP, tem-se que a taxa de acúmulo de C foi de 2,24 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Isso significa que a permanência da pastagem por mais de um ano dentro do SILP permitiu o sequestro de 16,6 Mg de CO₂ ha⁻¹ num período de dois anos, o que equivale à combustão de cerca de 5800 litros ha⁻¹ de diesel. O aumento do estoque de C em áreas sob pastagem de *B. brizantha* está relacionado principalmente ao aporte de massa seca da parte aérea e raízes, assim como ao não revolvimento da superfície do solo durante o período em que a área é ocupada pela pastagem.

Verifica-se ainda que o módulo 4 acumulou 8,1 Mg ha⁻¹ de C a mais do que o módulo 1 (Tabela 2), o que equivale à retirada de 29,8 Mg ha⁻¹ de CO₂ da atmosfera em um período de dois anos. Esse resultado indica que o SPD, associado a SILPs onde a pastagem permaneça na área por um período superior a um ano, resultou numa taxa de acúmulo de 4,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de C.

É importante lembrar que os estoques de C orgânico no solo, para um determinado sistema de manejo, tendem a atingir nível estável ao longo do tempo (Diekow, 2003). Segundo o autor, quando essa condição é atingida, as entradas de C no solo são equivalentes às saídas via mineralização da MOS pelos micro-organismos, de modo que os estoques de C não aumentam, mantendo-se estáveis. Isso significa que a taxa de acúmulo de C em um dado sistema agrícola tende a diminuir no decorrer do tempo. Portanto, a taxa de acúmulo de 4,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de C no SILP conduzido sob SPD, observada nos dois primeiros anos, irá decrescer ao longo do tempo.

CONCLUSÕES - A utilização de SILPs que contemplem a introdução de pastagens perenes em áreas agrícolas, associada ao SPD, tem potencial para mitigar o impacto ambiental das atividades agropecuárias, por meio do seqüestro de até 29,8 Mg ha⁻¹ de CO₂ nos dois primeiros anos de adoção dos sistemas.

REFERÊNCIAS

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 24: 599-607, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano agrícola e pecuário 2010-2011**. Brasília: Mapa/SPA, 2010. 48 p.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, 29: 777-788, 2005.
- DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 164 f. 2003. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- SALTON, J. C. et al. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

Tabela 1. Sequência de culturas do SILP na Fazenda Certeza em Querência, Mato Grosso.

Safras	Módulos				
	1	2	3	4	5
2007/2008	Soja	Soja	Soja	Arroz SPD	Milheto + <i>Brachiaria brizantha</i>
2008	Girassol + <i>B. ruziziensis</i>	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	Sorgo + <i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>
2008/2009	Arroz Preparo convencional	Soja	Soja	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>
2009	Milheto + <i>B. brizantha</i>	Milho + <i>B. ruziziensis</i>	Milheto + <i>B. ruziziensis</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. brizantha</i>
2009/2010	<i>B. brizantha</i>	Soja	Arroz SPD	<i>B. brizantha</i>	Soja

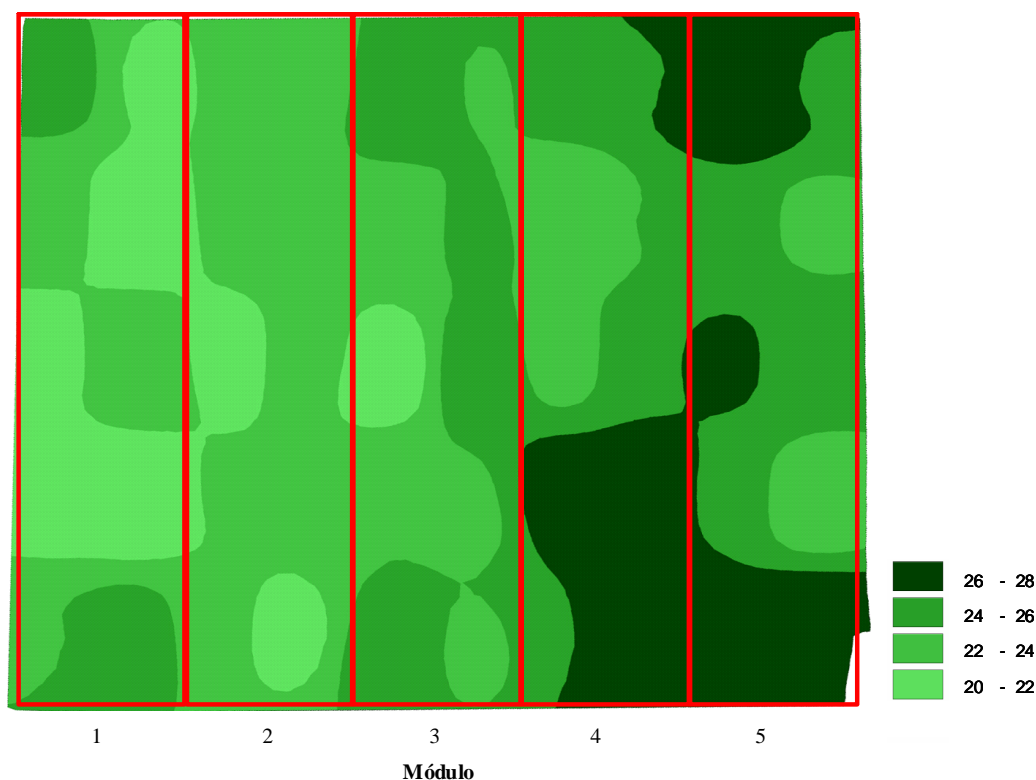


Figura 1. Variabilidade espacial dos teores de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Amarelo nos diferentes módulos (fases) componentes de um SILP, implantado em Querência/MT.

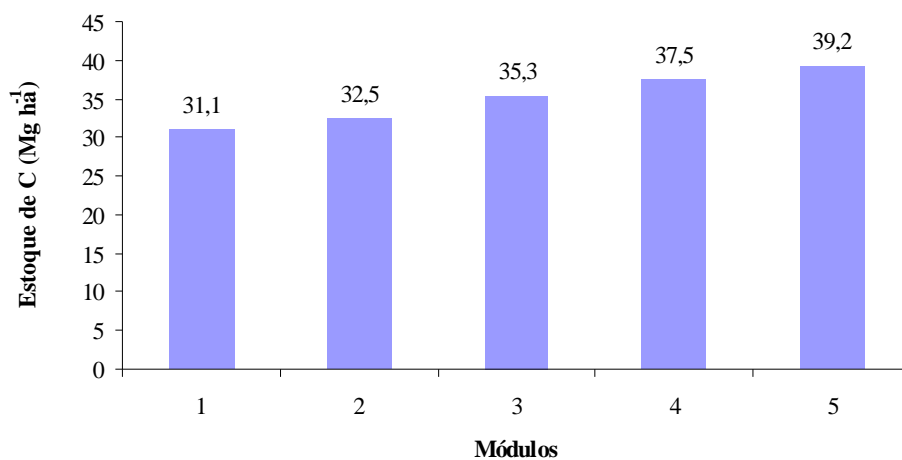


Figura 2. Estoque de carbono orgânico em um Latossolo Vermelho Amarelo nos diferentes módulos (fases) componentes de um SILP, implantado em Querência/MT.