

*Clima*

# SPD aumenta sequestro de carbono pelo solo

João Luís Nunes Carvalho, Carlos Eduardo Pellegrino Cerri e Carlos Clemente Cerri\*

CHARLES PEETERS

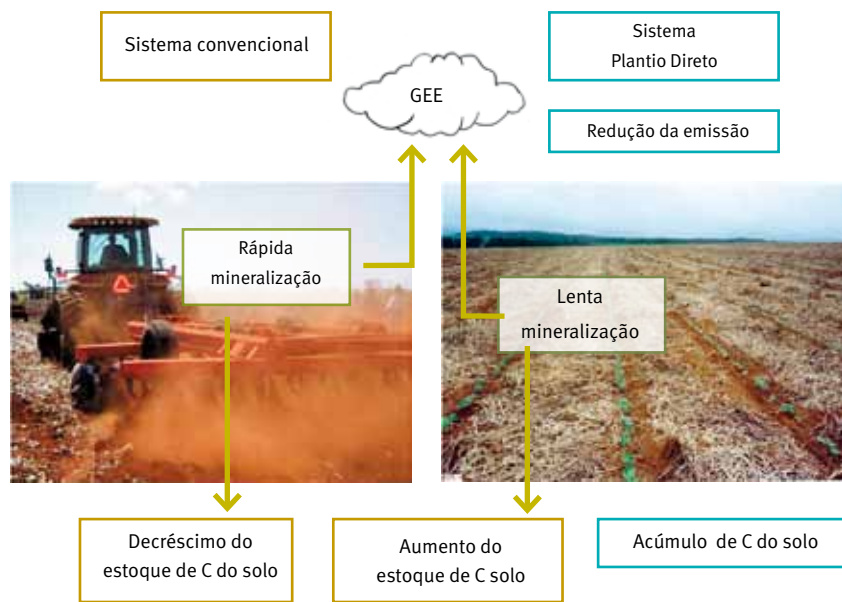


*Solo é um dos principais reservatórios de carbono do planeta: Plantio direto de algodão; Montividiu, GO*

Tem sido crescente a preocupação mundial em relação às mudanças do clima no planeta, decorrentes, principalmente, das emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e de outros gases de efeito estufa (GEE), como o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Estudos revelam que, nos últimos 250 anos, a concentração desses gases na atmosfera, principalmente a de  $\text{CO}_2$ , tem aumentado, em especial nas últimas décadas. Uma das principais consequências desse aumento na concentração dos gases da atmosfera é o que se pode chamar “efeito estufa antrópico”. Esse fenômeno ocorre pelo aumento da absorção de raios infravermelho refletidos para a terra, em razão da maior concentração de GEE, o que promove desequilíbrio energético e o, conseqüente, aumento da temperatura média do planeta. O aumento das emissões desses gases é decorrente, sobretudo, da queima de combustíveis fósseis por indústrias, meios de transporte, produção de cimento, desmatamento, agricultura e pecuária.

Recentemente, pesquisas no Brasil indicam que grande parte dos GEE emitidos para a atmosfera são oriundos de atividades agrícolas, o que tem caracterizado esse setor de produção como “vilão” na questão do efeito estufa. No entanto, se técnicas adequadas de uso e de manejo do solo forem adotadas (como Sistema de Plantio Direto – SPD – e integração lavoura-pecuária sob SPD), o setor agrícola assumir características de dreno de  $\text{CO}_2$  atmosférico e, assim, pode atuar na mitigação dessas emissões. O solo é um compartimento-chave no processo de emissão de gases e no balanço total de carbono. Considerando os estoques mundiais de carbono, o solo (até 1 m de profundidade) contém cerca de três vezes a quantidade de carbono em relação ao estocado em toda vegetação e, aproximadamente, duas vezes mais carbono em relação à atmosfera. Apenas na camada de solo arável (até 30 cm) o estoque de carbono no solo já supera os estoques na vegetação e na atmosfera.

FIGURA 1 | DINÂMICA DO CARBONO NO SISTEMA DE PREPARO CONVENCIONAL E SPD



Contudo, é previsível que o manejo inadequado do solo, como aquele que se baseia em aração e gradagem, que aumenta a velocidade de decomposição e de mineralização da matéria orgânica do solo, pode transferir grandes quantidades de GEE para a atmosfera. Quando se introduz o SPD em uma área anteriormente cultivada sob plantio convencional, ocorre a modificação da dinâmica do carbono do solo. No sistema de preparo convencional, a aração e a gradagem promovem: melhor aeração do solo; redução do tamanho dos resíduos vegetais, aumentando a superfície exposta à decomposição; quebra dos agregados do solo; e aceleração da atividade microbiana.

Considerando essas características, além de outras não mencionadas, o preparo convencional resulta em rápida mineralização e decomposição da matéria orgânica do solo, ocasionando o decréscimo do carbono estocado no solo e aumentando a emissão de GEE para atmosfera, em especial a emissão de  $\text{CO}_2$  (Figura 1). O SPD promove melhor

estruturação do solo, melhor proteção física da matéria orgânica do solo, bem como decomposição lenta e gradual dos resíduos orgânicos. Essas, entre outras propriedades, conferem ao SPD a capacidade de aumentar os estoques de carbono no solo, reduzir a emissão de gases para atmosfera, em especial o  $\text{CO}_2$ , resultando no acúmulo de carbono no solo.

### SEQUESTRO DE CARBONO

Existem duas iniciativas para que a agricultura, sob SPD, contribua para a mitigação da emissão de GEE e, conseqüentemente, para a atenuação das mudanças climáticas globais. A primeira está associada à redução das emissões de gases para a atmosfera com a implantação do SPD; a segunda se refere ao aumento dos estoques de carbono no solo. Com relação à emissão de gases em SPD, em uma comparação com o sistema convencional, em geral, observa-se aumento nas emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e redução na absorção de  $\text{CH}_4$ ; por outro lado, ocorre grande redução nas emissões de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera (Lal,

1998; Paustian et al., 2000). A tendência de maior emissão de  $N_2O$  no SPD é atribuída principalmente a dois fatores básicos: maior conteúdo de nitrogênio no solo sob SPD; e melhor retenção e acúmulo de água no solo, formando sítios de baixa oxigenação e criando, assim, condições para que ocorra a desnitrificação com mais frequência do que ocorre no sistema convencional, em que o solo é revolvido de maneira periódica e a oxigenação é significativamente maior.

No entanto, no Brasil existem poucos estudos conclusivos e de longa duração que avaliam as emissões de GEE nesses sistemas de manejo. A grande diversidade de solos, clima, distribuição das chuvas e, principalmente, o tipo de SPD (tal como sua sucessão/rotação de cultivos) devem ser considerados de uma região para outra. Para as variações nos estoques de carbono do solo, existem várias estimativas realizadas em solos do Brasil. Em uma revisão de literatura, Cerri et al. (2004) avaliaram a variação nos estoques de carbono no solo, comparando casos de adoção do SPD e o sistema convencional, para as condições brasileiras. Para tanto, foram utilizados diversos trabalhos científicos que pudessem abranger, da melhor forma possível, as distintas condições edafoclimáticas e de manejo agrícola existentes no país. O resultado de tal estimativa indica que existe significativa variação na taxa de acúmulo de carbono no solo no Brasil, sendo o valor médio de aproximadamente  $0,5 \text{ t C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ .

Em uma recente revisão da literatura acerca da variação dos estoques de carbono entre SPD e sistema convencional, Bernoux et al. (2006) observaram taxas de acúmulo variando de  $0,4$  a  $1,7 \text{ t C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , para a região do cerrado, e  $-0,5$  a  $0,9 \text{ t C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , para a região Sul do Brasil, quando avaliaram a camada de  $40 \text{ cm}$  de solo. Considerando apenas os valores médios para cada região, os autores observaram resultados similares para o cerrado e para a região Sul, obtendo taxa de acúmulo de  $0,65$  e  $0,68 \text{ t C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ ,

FIGURA 2 | BRAQUIÁRIA *RUZIZIENSIS* DESSECADA PARA O PLANTIO DO ALGODÃO EM SPD



CHARLES PRETERS

respectivamente. Considerando que, atualmente, o Brasil apresenta aproximadamente 25 milhões de ha sob SPD, pode-se assim calcular, mesmo que de maneira simplista, a quantidade de carbono acumulada no solo e, conseqüentemente, a retirada de  $CO_2$  atmosférico em virtude da mudança no sistema de produção de preparo convencional para SPD. Com base nos valores médios observados por Bernoux et al. (2006) e a área atual de SPD no Brasil, verifica-se que o SPD acumula no solo entre 16 e 17 milhões de toneladas de carbono, anualmente.

É importante mencionar, ainda, que tais estimativas pressupõem a continuidade da utilização do SPD, pois, uma vez que práticas convencionais de cultivo sejam adotadas, grande parte desse carbono estocado no solo poderá ser liberado para a atmosfera na forma de GEE. Outro fato que deve ser considerado é que cada solo tem capacidade máxima de estocar carbono e, assim, com o tempo de implantação, essa estocagem pode ser reduzida ou até anulada, quando o solo estiver no ponto de equilíbrio dinâmico. Cabe relatar também a diferença entre os termos “variação de estoques” e “sequestro de carbono no solo”. O primeiro está mais restrito à diferença de estoques de carbono entre dois manejos ou sistemas agrícolas, tal como foi discutido anteriormente. O segundo, mais amplo, envolve a diferença

de estoques, mas também as variações nas emissões de  $CH_4$  e  $N_2O$ , uma vez que a contabilização do  $CO_2$  está embutida na diferença dos estoques de carbono do solo. Para calcular o sequestro de carbono pelo solo sob SPD, é necessário obter as variações nos estoques de carbono e subtrair a quantidade de GEE ( $CH_4$  e  $N_2O$ ) emitida, para que esse aumento de estoque seja atingido. Os resultados de sequestro são normalmente expressos na unidade “equivalente em Carbono” ou “equivalente em  $CO_2$ ”, e se levam em consideração os estoques de carbono no solo, os GEE emitidos e o potencial de aquecimento global desses gases envolvidos.

Em um recente estudo, de curta duração, realizado em Vilhena (RO), foram avaliadas as variações do estoque de carbono no solo e a emissão de GEE para estabelecer as taxas de sequestro de carbono pelo solo (Carvalho et al., no prelo). Após três anos de implantação do SPD, com a sucessão de cultivos soja/milho, em substituição ao sistema convencional, foi observada taxa de acúmulo de  $0,38 \text{ t C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Já quando foi realizada a estimativa de sequestro de carbono no solo, ou seja, quando foi avaliada a taxa de acúmulo descontada a emissão de GEE no período, resultou no sequestro de  $0,23 \text{ t C ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . É importante ressaltar que esse é um estudo de curta duração e que seria necessário de acompanhamento de maior tempo para informações mais

conclusivas. Pesquisas recentes em andamento, envolvendo sistemas de rotação de cultivos mais elaborados com elevada produção de palha (Figura 2), como a integração lavoura-pecuária sob SPD, vêm exibindo taxas bem mais elevadas de sequestro de carbono no solo.

Deve-se salientar, ainda, que o SPD, além de auxiliar no sequestro de carbono pelo solo e na conservação do solo contra erosão, entre outros benefícios já mencionados, implica em significativa economia de consumo de combustível (60 a 70%), o que reduz a emissão de GEE, em comparação com o cultivo convencional.

### SERVIÇO AMBIENTAL

Apesar de resultar em aumento dos estoques de carbono no solo e na consequente retirada de CO<sub>2</sub> da atmosfera, o SPD ainda não é considerado atividade elegível para projetos relacionados ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, conforme prescrição do Protocolo de Kyoto. Portanto, tal atividade, apesar de propiciar benefício ambiental, não é passível de requerer créditos de carbono dentro do protocolo, o que faz com que não seja investimento atrativo para países que possuem metas de redução de emissão de GEE. Desse modo, o agricultor de SPD no Brasil nada tem recebido por esse serviço ambiental prestado. É imprescindível que a comunidade cien-


tífica, em especial aquela relacionada com a Ciência no Solo, se mobilize para produzir metodologias padronizadas e aceitas mundialmente, para que, em seguida, usando dados experimentais conclusivos, possam incluir o sequestro de carbono pelo solo como uma atividade que possa receber créditos de carbono junto ao mercado internacional.

Mesmo o SPD não sendo ainda uma prática agrícola elegível para requerer créditos junto ao Protocolo de Kyoto, a negociação de carbono pode acontecer no mercado paralelo, em acordos bilaterais de interesse mútuo. Esses acordos são resultantes de programas de reduções voluntárias de emissões, os quais não podem ser utilizados para abatimento de metas de redução das emissões de GEE, principalmente as relacionadas aos países industrializados. Apesar de o agricultor que adota SPD e o conduz com qualidade não estar recebendo benefícios complementares pela prestação de serviços ambientais à comunidade, as inúmeras vantagens desse sistema, por si só, já compensam a implantação e a manutenção do SPD. O setor agrícola deve ter em mente que a agricultura é altamente dependente do clima, então, é previsível que a realização de métodos – quando se opta por métodos de mudança de uso da terra e de manejo do solo, que emitem

quantidades consideráveis de GEE para atmosfera, tal como o sistema convencional – poderá resultar em consequências severas.

Essas consequências podem atingir tanto o aspecto local quanto o global. Na escala local, pode ocorrer redução do conteúdo de matéria orgânica do solo, o que leva a sua degradação e à perda de sustentabilidade agrícola. Vários estudos realizados em solos de região tropical, como o Brasil, indicam que a matéria orgânica é responsável por grande parte (70 a 85%) da CTC dos solos intensamente intemperizados, predominantes nessas regiões, e assim a redução no seu conteúdo resulta em menor capacidade produtiva. Já no aspecto global, as consequências podem ser mais nocivas e são mais difíceis de ser controladas. São aquelas relacionadas a mudanças climáticas e ao aumento dos eventos extremos, tais como períodos de seca prolongados, chuvas intensas, tempestades, ciclones, tornados, entre outros.

---

\* **João Luís Nunes Carvalho** é doutorando do Programa de Solos e Nutrição de Plantas da USP/ESALQ (Incarva@esalq.usp.br), **Carlos Eduardo Pellegrino Cerri** é professor do Departamento de Ciência do Solo da USP/ESALQ (cepcerri@esalq.usp.br) e **Carlos Clemente Cerri** é pesquisador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da USP/CENA (cerri@cena.usp.br). 

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNOUX, M. et al. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 26, p. 1-8, 2006.
- CARVALHO, J. L. N. et al. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *Soil & Tillage Research*. No prelo.
- CERRI, C. C. et al. A ciência do solo e o sequestro de carbono. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 3, p. 29-34, 2004.
- LAL, R. Soil processes and the greenhouse effect. In: *Methods for assessment of soil degradation* Boca Raton: CRC Press, 1998. p. 199-212.
- PAUSTIAN, K. et al. Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, v. 48, p. 147-163, 2000.



Camada arável estoca mais carbono que vegetação e atmosfera