

## **Estoques de carbono em sistemas de manejo do solo no bioma mata atlântica após 29 anos.**

SOUZA, I.C.<sup>1</sup>; LIMA, I.R.<sup>2</sup>; ARAUJO, K.<sup>2</sup>; FRANCHINI, J.C.<sup>3</sup>; DEBIASI, H.<sup>3</sup>; BALBINOT JR, A.A.<sup>3</sup>; ALVES, B.J.R.<sup>4</sup> | <sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina – PR, bolsista PIBIC/CNPq/EMBRAPA SOJA; <sup>2</sup>Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, Londrina – PR, bolsista de IC EMBRAPA SOJA; <sup>3</sup>Embrapa Soja, Cx postal 231, 86001-970, julio.franchini@embrapa.br, Londrina – PR; <sup>4</sup>Embrapa Agrobiologia, Seropédica – RJ.

### **Introdução**

A cultura da soja ocupou na última safra 2013/2014, mais de 27 milhões de ha no Brasil. No Bioma Mata Atlântica, a área com soja responde por 34 % da produção nacional deste grão, sendo que no inverno, plantam-se trigo e milho de segunda safra, além de plantas de cobertura e adubação verde para o pastejo animal, principalmente aveia e azevém. O Bioma Mata Atlântica é uma região cuja mudança de uso do solo ocorreu há muito anos, não havendo grandes alterações na área de lavouras desde 1994. Isso faz com que a forma como o solo é utilizado na atualidade tenha grande importância nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) neste Bioma. O uso de arados e grades para preparo do solo foi prática convencional para a produção de grãos nessa região, o que implicou na transformação de boa parte da matéria

orgânica desses solos em CO<sub>2</sub>, emitido para a atmosfera (Bernoux et al. 2001). No entanto, a partir dos anos 1990, a adoção do sistema plantio direto (SPD) tornou-se cada vez mais comum, e atualmente é o principal sistema de manejo do solo, adotado em cerca de 80 % das áreas agrícolas (Bollinger et al. 2007). Existem fortes indícios de que o SPD, bem praticado, promove a acumulação de C no solo (Bayer et al. 2006; Cerri et al. 2007, Babujia et al. 2010), funcionando como um dreno de CO<sub>2</sub> da atmosfera. No entanto, ainda existem dúvidas quanto ao potencial desse sistema, principalmente relacionadas aos efeitos dos componentes da rotação e profundidade do solo a ser avaliada (Boddey et al., 2010), entre outros. Na maior parte da área agrícola do Bioma Mata Atlântica, os sistemas de produção predominantes são baseados em sistemas de sucessão de culturas (soja-trigo e soja-milho) com aporte limitado de biomassa vegetal. Para as áreas produtoras de grãos, o manejo do solo para plantio e o manejo das culturas, incluindo-se a aplicação de insumos como fertilizantes nitrogenados, representam as principais fontes de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O para a atmosfera. Uma das estratégias potenciais de mitigação das emissões de CO<sub>2</sub> pela mudança de uso do solo é o uso do plantio direto, porém não se sabe ao certo o impacto do sistema na acumulação de C do solo, em função das diferenças regionais no manejo das culturas, e também por quanto tempo o sistema estará contribuindo para mitigar emissões de GEE. Experimentos de longo prazo são importantes para levantar informações mais precisas a esse respeito. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar os estoques de carbono no solo, em área representativa do sistema de produção de soja e trigo no bioma Mata Atlântica no Paraná, após 29 anos de uso do sistema de plantio direto e de preparo do solo com arado de discos.

## Material e Métodos

O experimento vem sendo conduzido desde a safra 1981/1982 na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR (23° 12' S, 51° 11' W, e 585 m de altitude), em um Latossolo Vermelho distroférico. O clima da região é subtropical úmido (Cfa, conforme a classificação de Köppen), com temperaturas médias máximas e mínimas de 28,5°C em fevereiro e

13,3°C em julho, respectivamente, e precipitação média anual de 1.651 mm, sendo, na média histórica, janeiro o mês mais úmido (217 mm) e agosto o mais seco (60 mm). Antes do início do ensaio, a área experimental foi ocupada por uma plantação de café por aproximadamente quarenta anos até 1973, quando então passou a ser explorada com culturas anuais de grãos (soja no verão e trigo no inverno), em preparo convencional de solo (arações e gradagens), uso este que permaneceu até a implantação do experimento (1981/1982). O delineamento experimental é em blocos completamente casualizados, com quatro repetições. As parcelas medem 8 x 50 m, totalizando uma área de 400 m<sup>2</sup>. Desde a implantação, o experimento vem sendo cultivado com a sucessão trigo no inverno e soja no verão. Os tratamentos envolvem quatro sistemas de preparo do solo, realizados anualmente antes da implantação da soja: 1) SPD - sistema plantio direto; 2) AD - sistema preparo convencional com uma aração (arado de discos de 26 polegadas, trabalhando a uma profundidade média de 22 cm) + duas gradagens leves; 3) GP - sistema preparo convencional com uma gradagem pesada (grade pesada equipada com discos de 24 polegadas, atuando a uma profundidade média de 12 cm) + uma gradagem leve; e 4) ESC – sistema preparo reduzido com uma escarificação (escarificador de cinco hastes, espaçadas de 35 cm, trabalhando a uma profundidade média de 22 cm) + uma gradagem leve. No inverno, antes da semeadura do trigo, todos os tratamentos, à exceção do SPD, são preparados com uma gradagem pesada seguida de uma gradagem leve. No presente estudo foram avaliados apenas os tratamentos 1 (SPD) e 2 (AD).

Em julho de 2010, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0-8, 8-16, 16-24 cm de profundidade. As amostras indeformadas foram coletadas em trincheiras (1,0x1,0x1,0 m) com cilindros de aço de 100 cm<sup>3</sup>. Três amostras foram coletadas por camada e secas a 105°C por 72 h para determinação da densidade do solo. As amostras deformadas compostas, para determinação de C eram constituídas de 5 subamostras, por parcela, coletadas com trado do tipo holandês. As amostras foram secas ao ar e peneiradas a 2 mm. Subamostras foram moídas novamente para diâmetro <0,15 mm. Alíquotas contendo entre 200 a 400 mg de C total foram analisadas em analisador elementar de C (Thermo Flash EA 1112).

## Resultados e Discussão

A relação entre o C acumulado (Figura 1) e o tempo de duração do estudo indica que o SPD apresentou uma taxa média de acúmulo de 265 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em relação ao AD. Esses dados estão um pouco abaixo das estimativas médias de 350 a 480 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> realizadas por Bayer et al (2006), para condições tropicais e subtropicais, respectivamente. Essas menores taxas indicam que a capacidade de acúmulo de C pode ter atingido o nível de equilíbrio estabelecido para a produção de resíduos vegetais no sistema de sucessão soja/trigo no Norte do Paraná. Desta forma, o acúmulo máximo no SPD e a perda máxima no AD já teriam sido atingidos, fazendo com que a diferença no estoque de C entre esses sistemas se mantenha aproximadamente constante com o passar do tempo, resultando na redução da taxa nominal de acúmulo de C ao longo dos anos. Os dados também indicaram que o SPD apresentou maior acúmulo de C orgânico na camada superficial do solo (0-8 cm) em relação ao preparo convencional com arado de discos, concordando com Diekow et al. (2005), Babujia et al. (2010) e Boddey et al. (2010). O maior teor de C no SPD pode ser atribuído principalmente à manutenção dos restos culturais na superfície do solo e à proteção física dos compostos orgânicos contra o ataque microbiano, exercida pelos agregados do solo (Diekow et al., 2005), cuja formação e estabilidade são favorecidas em condições de menor intensidade de revolvimento do solo (Goldchin et al., 1997). Além disso, o revolvimento do solo aumenta a disponibilidade de O<sub>2</sub> aos micro-organismos, o que também aumenta a taxa de mineralização dos compostos orgânicos.

Para que os sistemas de produção de grãos sejam estáveis do ponto de vista da produção, e ainda funcionem como dreno de CO<sub>2</sub>, é necessário maximizar a produção de biomassa vegetal e aumentar a eficiência metabólica dos sistemas biológicos. Quando o carbono acumulado na biomassa vegetal é maior que as emissões associadas aos diferentes processos biológicos dentro do solo, espera-se que haja acumulação ou sequestro de carbono da atmosfera pelo solo. Essa é uma das bases do sistema plantio direto (SPD), em que a eliminação da desagregação do solo com arados e grades reduz a decomposição da matéria orgânica, pois parte se mantém fisicamente inacessível aos microrganismos (Six

et al., 2002). Desde a década de 90 vários trabalhos tem avaliado o potencial de seqüestro de carbono do SPD em relação a sistemas de preparo do solo, comumente com arado de discos ou grade aradora pesada, dentro da porção centro-sul da Mata Atlântica. Os resultados tem demonstrado um potencial que varia de -0,39 e 1,60 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em função do tipo de solo, condições climáticas, sistema de culturas, aporte de biomassa vegetal e tempo de adoção do sistema (Bayer et al., 2000; Amado et al., 2001; Amado et al., 2006; Franchini et al., 2007; Boddey et al., 2010; Babujia et al., 2010). Em parte, a variabilidade de resultados está relacionada ao histórico de uso do solo e às condições edafoclimáticas locais, que podem contribuir de forma diferenciada para o processo de perda ou ganho de C do solo. Em climas mais frios e com solos mais argilosos as perdas de C tendem a ser reduzidas (Bayer et al., 2006).

## Conclusão

O plantio direto proporcionou uma taxa média de sequestro de carbono de 265 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em relação ao sistema de preparo de solo com arado de discos durante o período de 29 anos do estudo.

## Referências Bibliográficas

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; BRUM, A.C.R.; ELTZ, F.L.F. Potencial de plantas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo em sistema plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. R. Bras. Ci. Solo, v.25, p.189-197, 2001.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, BEN-HUR C.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in No-Till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. Journal of Environmental Quality, v.35, p.1599-1607, 2006.
- BABUJIA, L.C. ; HUNGRIA, M. ; FRANCHINI, J.C. ; BROOKES, P.C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. Soil Biology & Biochemistry, p. 1-8, 2010.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil Till. Res.*, v. 86, p.237-245, 2006.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. CO<sub>2</sub> emission from mineral soils following land-cover change in Brazil. *Global Change Biology*, v.7, p.779-787, 2001.

BODDEY, R.M. ; JANTALIA, C. P. ; CONCEIÇÃO, P.C. ; ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H.P. ; DE-NARDIN, J.E. ; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. ; ALVES, B.J.R. ; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*, v. 16, p. 784-795, 2010.

BOLLINGER, A., MAGID, J., AMADO, T. J. C., SKORA, F. N., SANTOS, M. F. R., CALEGARI, A., RALISCH, R., NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian zero-till revolution: A review of landmark research and farmers practice. *Adv. Agron.* v. 91, p. 47-64, 2007.

CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W.E.; MELILLO, J.M.; CERRI, C.C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Sci. Agric.*, v.64, p.83-99, 2007.

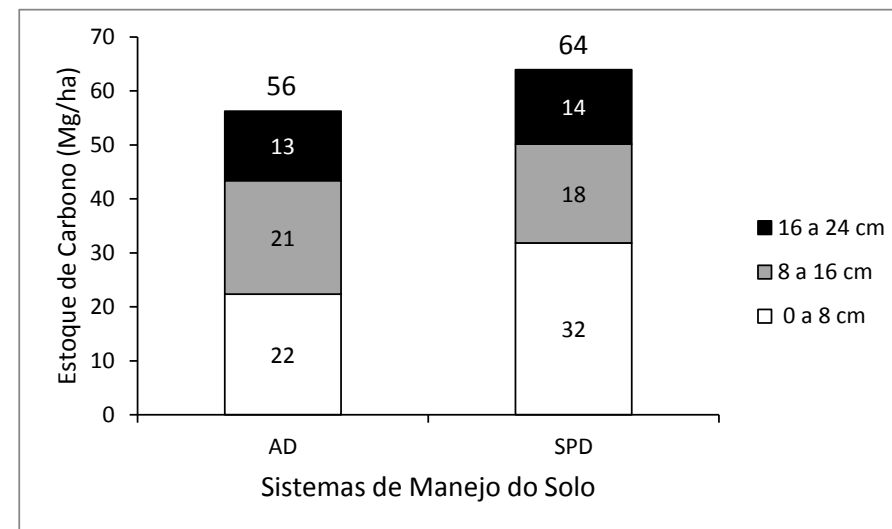
DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KÖGEL-KNABNE, I. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 268, p. 319-328, 2005.

FRANCHINI, J. C. ; CRISPINO, C. C. ; SOUZA, R A ; TORRES, E. ; HUNGRIA, M. . Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop-rotation systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 92, p. 18-29, 2007.

GOLDCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, an aggregate dynamics. In: LAL,

R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; STEWART, B. Soil process and the carbon cycle. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266.

SIX, J., CONANT, R.T., PAUL, E.A., PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil* 241:155-176, 2002.



**Figura 1.** Estoque de carbono do solo (Mg/ha) em sistemas de manejo do solo após 29 anos.