

Capítulo • 3

Estoque de carbono no solo em sistemas convencional e conservacionistas de cultivo de melão no Polo Jaguaribe-Açu

Rubens Sonsol Gondim

Lindbergue Araujo Crisostomo

Aline de Holanda Nunes Maia

João Alencar de Sousa

Viviane da Silva Barros

Antonia Rosimeire da Cruz Silva Almeida

Introdução

O volume de CO₂ na atmosfera pode ser reduzido pelo aumento da biomassa vegetal e sequestro no solo. A biomassa vegetal e o solo podem potencialmente funcionar como estoque de carbono e, dessa forma, a agricultura exercer importante papel na mitigação da emissão de gases de efeito estufa e das mudanças climáticas (MEYER-AURICH et al., 2006). Sendo assim, o manejo de sistemas agrícolas, com vistas a sequestrar o CO₂ atmosférico, na forma de carbono orgânico no solo, e minimizar as emissões de gases de efeito estufa, tem sido proposto como uma solução parcial para a problemática da mudança climática (MORGAN et al., 2010).

Há, porém, forte variação no potencial de sequestro entre as espécies cultivadas, regiões e práticas de manejo. Variações nas condições ambientais podem afetar o potencial de estoque, mesmo dentro de pequena área geográfica (FANG et al., 2007). Follet (2001) apontou que a pesquisa a respeito de sequestro de carbono orgânico no solo, sob irrigação, é escassa e necessária, considerando a necessidade de avanço no conhecimento sobre suas relações com práticas de cultivo e características do solo, entre outros aspectos.

Denef et al. (2008) estudaram estoque de carbono em agroecossistemas irrigados por pivô central, em clima semiárido (Nebraska e Colorado), nas profundidades de 0-5 cm; 5-20 cm, 20-50 cm e 50-75 cm. Esses autores encontraram maiores estoques de carbono na camada de 0-20 cm nos solos irrigados, quando comparados com a condição de sequeiro. Entretanto,



consideraram as diferenças de carbono orgânico total (COT) pequenas, em relação à massa seca gerada pelas altas produtividades das áreas irrigadas. Os autores sugerem que as perdas de carbono devido à decomposição da matéria orgânica, nas áreas irrigadas, limitam o armazenamento adicional de carbono no solo.

Trabalhando em Cambissolos de áreas irrigadas com bananeira, no Nordeste do Brasil, Assis et al. (2010) observaram redução de estoques de carbono no solo. Esses autores apontam a necessidade de adoção de práticas favoráveis ao acúmulo de matéria orgânica e carbono, particularmente em cultivos temporários.

As taxas de adição ou decomposição da matéria orgânica do solo são especialmente afetadas pelo distúrbio físico causado pelo preparo do solo, o qual rompe os macros agregados e os expõe aos processos microbiológicos. Em regiões tropicais úmidas, a decomposição da matéria orgânica do solo pode ser intensificada devido a temperaturas e precipitações elevadas. A manutenção de teores elevados de carbono orgânico no solo é, portanto, um desafio nos solos tropicais, também devido às suas implicações na fertilidade e capacidade de troca de cátions (ZINN et al., 2005).

Este capítulo avalia alternativas para o desafio de promover aumento do estoque de carbono no solo, nos cultivos de melão irrigado. Será apresentado o resultado de pesquisas realizadas entre 2011 e 2013, no Polo Jaguaribe-Açu, com o cultivo de melão em sistemas convencional e conservacionistas. Inicialmente, a área experimental é descrita e, em seguida, são apresentados os resultados obtidos nos dois sistemas de cultivo. No sistema convencional de plantio, o melão é plantado em *mulching* plástico e, após a colheita, o solo fica em pousio. Os sistemas de conservacionistas são baseados no plantio de adubos verdes, antes do cultivo de melão. A cobertura vegetal dos adubos verdes pode ser incorporada ao solo, com o plantio do melão realizado na sequência, sob *mulching* plástico, ou não ser incorporada, com o melão plantado diretamente sob a palhada do adubo verde (sistema plantio direto).

Descrição da pesquisa

Os dados deste trabalho foram coletados em experimento instalado na empresa Agrícola Famosa, localizada entre os municípios de Icapuí, CE, e Tibau, RN. A área do experimento foi de 156 m x 28 m, equivalente a 0,41 ha (Figura 1).



Foto: Viviane da Silva Barros

Figura 1. Melão plantado, após adubação verde, com incorporação da cobertura vegetal, utilizando *mulching* plástico.

Os tratamentos envolveram dois sistemas de preparo do solo: adubação verde, sem revolvimento (plantio direto – D) e adubação verde com revolvimento (plantio convencional – C). Doze tratamentos envolvendo diferentes tipos de cobertura do solo foram avaliados:

Sistema C – adubação verde com revolvimento (Figura 2), seguido do plantio de melão em *mulching* plástico (filme de polietileno).

C1. Crotalária (CT) + filme de polietileno.

C2. Milheto (MT) + filme de polietileno.

C3. Crotalária + milheto (CT + MT) + filme de polietileno.

C4. Milho + braquiária (M + BR) + filme de polietileno.

C5. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + filme de polietileno.

C6. Solo sem cobertura vegetal + filme de polietileno.

C7. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + composto + filme de polietileno.

C8. Guandu + filme de polietileno.

C9. Guandu + milheto (MT) + filme de polietileno.

C10. Feijão-de-porco + filme de polietileno.

C11. Feijão-de-porco + milheto (MT) + filme de polietileno.

C12. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + milho + braquiária + filme de polietileno.



Foto: Viviane da Silva Barros



Figura 2. Melão cultivado sob a palhada do adubo verde (sistema plantio direto).

Sistema D – adubação verde, sem revolvimento, seguido do plantio de melão na palhada, sem *mulching* plástico (Figura 3), com exceção do tratamento testemunha D7.

- D1. Crotalária (CT).
- D2. Milheto (MT).
- D3. Crotalária + milheto (CT + MT).
- D4. Milho + braquiária (M + BR).
- D5. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾.
- D6. Solo sem cobertura vegetal.
- D7. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + composto + filme de polietileno (*mulching* plástico em plantio direto).
- D8. Guandu.
- D9. Guandu + milheto.
- D10. Feijão-de-porco.
- D11. Feijão-de-porco + milheto.
- D12. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + milho + braquiária.

⁽¹⁾ Espécies nativas que nascem espontaneamente no local, quando a área é deixada em repouso. Foi realizado um levantamento das principais espécies presentes, por meio do qual foram identificadas: beldroega (*Portulaca oleracea*), caruru (*Amaranthus spinosus*), bredo (*Triantema portacastrun* L.), capim-tapete (*Mollugo verticillata*), jitrana (*Merremia aegyptia* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e capim-milhã (*Digitaria bicornis*), sendo que esta última tinha predominância de cerca de 90% da área coberta.

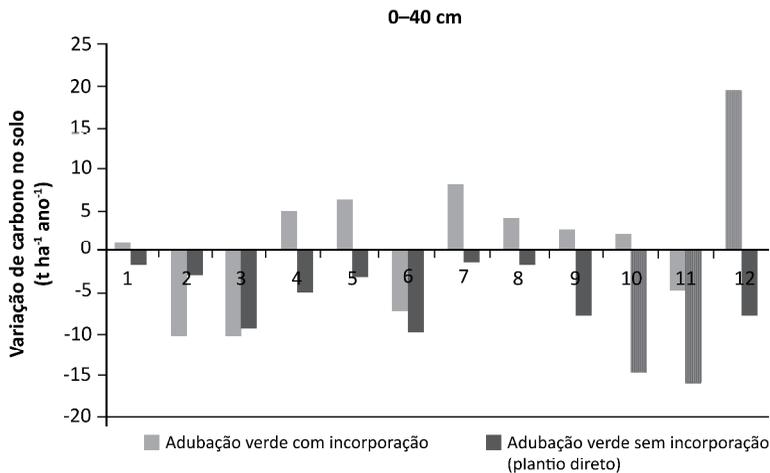


Figura 3. Taxas médias de variação de estoque de carbono no solo (t de CO_2 -eq ha^{-1} ano $^{-1}$), no período de 2011 a 2013, nos tratamentos avaliados, no perfil do solo (0-40 cm). Barras hachuradas correspondem a variações significativas ao nível de 5% ($p < 0,05$). Os tipos de cobertura vegetal variam de 1 a 12, em cada um dos sistemas de plantio – convencional (C) ou direto (D).

O híbrido de melão Goldex foi plantado por 3 anos (2011 a 2013), com um ciclo de produção em média de 70 dias. O plantio do melão, após adubação verde, foi conduzido de acordo com práticas adotadas pela empresa, utilizando irrigação por gotejamento com emissores de vazão de $1,7$ litro h^{-1} , espaçados de $0,35$ m. As adubações foram realizadas com base na análise química do solo e nas exigências nutricionais da cultura, via fertirrigação, utilizando-se $137,2$ kg ha^{-1} de fertilizante mineral Amiorgan®, contendo $152,8$ kg ha^{-1} de K_2SO_4 ; $51,7$ kg ha^{-1} de $Ca(NO_3)_2$; $38,6$ kg ha^{-1} de biofertilizante; $1,98$ kg ha^{-1} de ácido fosfórico e $213,1$ kg ha^{-1} de KNO_3 . Apenas nos tratamentos C7 e D7, foram aplicadas cinco t ha^{-1} de composto orgânico. Também foram realizadas práticas culturais para controle de plantas daninhas, como capinas manuais, e pulverizações com fungicidas e inseticidas, para controle de pragas e doenças.

Foram realizadas amostragens de solo, sempre anteriormente à semeadura das gramíneas e leguminosas, nas seguintes épocas: 1) em abril de 2011; 2) quinze meses após o início do experimento, em julho de 2012; 3) vinte e quatro meses após o início do experimento, em abril de 2013. Cada amostra foi composta por seis subamostras, coletadas em seis pontos diferentes, na parcela experimental, a qual continha 36 m^2 .



A determinação do carbono orgânico total (COT), nas amostras de solos e de tecidos vegetais, teve como base adaptações dos procedimentos por Walkley e Black (1934). De modo geral, esse método tem como princípio, na oxidação do carbono orgânico contido na amostra por via úmida com dicromato de potássio, ácido sulfúrico concentrado e aquecimento externo. O dicromato remanescente é determinado por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal.

O estoque de carbono no solo foi determinado por meio da fórmula:

$$C \text{ (g/kg)} \times 10 \times d \times V_{\text{solo}}$$

Em que:

– d é a densidade do solo (g cm^{-3}), sendo determinada para cada parcela, em cada profundidade, assim como na mata nativa, por meio de amostra indeformada, utilizando cilindro de Uhland, de volume conhecido (Tabela 1).

– V_{solo} é a área da superfície (A_s) multiplicada pela profundidade da camada do perfil (0-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,40 m). Para área, foi considerada a área da parcela experimental (de 36 m^2).

Extrapolando o estoque para 10.000 m^2 , temos C em Mg ha^{-1} .

Para transformação de carbono em CO_2 equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$), considerou-se 1 t de carbono correspondente a 3,67 ($44/12$) toneladas de CO_2 , e os átomos de C e O com pesos atômicos de 12 e 16, respectivamente (RONQUIM, 2007).

Para cada profundidade, foram calculadas as taxas de variação médias do $\text{CO}_2\text{-eq}$ no solo ($\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), representadas pela diferença (TX) entre o valor de $\text{CO}_2\text{-eq}$ no final e no início do experimento, dividida pela duração do experimento (2 anos).

Resultados e Discussão

Considerando todo o perfil analisado do solo (0-40 cm), houve aumento no estoque apenas para o tratamento C12 ($19,6 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e perdas nos tratamentos D10 ($-14,6 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e D11 ($-15,9 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), os quais não diferiram entre si (Tabela 1 e Figura 3). Os tratamentos onde perdas de carbono foram evitadas já podem ser considerados como resultados positivos, considerando o desafio de manutenção do estoque de carbono, em solos tropicais sob irrigação, sendo mais desejável seu acúmulo.

A maior quantidade de carbono no solo, no sistema com incorporação da fitomassa, pode ser explicada pela presença de grande quantidade de palhada



no solo, enquanto, nas parcelas sem incorporação, a palhada ficou depositada sobre o solo, não estando presente nas amostras de solo coletadas. O melhor desempenho do sistema C12 foi potencialmente ocasionado pela maior biomassa produzida pela vegetação espontânea + milho + braquiária. Entretanto, mesmo que essa biomassa tenha levado ao acúmulo de carbono no solo, não é possível fazer inferências quanto à estabilidade do carbono, ao longo do tempo, havendo necessidade de avaliar o estoque de carbono, para esse tratamento, por um período mais longo de observação.

Tabela 1. Taxas médias de variação estoque de carbono no solo (t de CO₂-eq ha⁻¹ ano⁻¹), no período de 2011 a 2013, nos tratamentos avaliados, considerando todo o perfil analisado (0–40 cm).

Tratamento	Média	Erro padrão	Valor p*
C01	1,03	5,18	0,84
C02	-10,10	5,18	0,06
C03	-10,13	5,18	0,05
C04	4,98	5,18	0,34
C05	6,41	5,18	0,22
C06	-7,18	5,18	0,17
C07	8,15	5,18	0,12
C08	4,14	5,18	0,43
C09	2,72	5,18	0,60
C10	2,26	5,18	0,66
C11	-4,81	5,18	0,36
C12	19,60	5,18	0,00
D01	-1,64	5,18	0,75
D02	-2,76	5,18	0,60
D03	-9,22	5,18	0,08
D04	-4,98	5,18	0,34
D05	-3,07	5,18	0,55
D06	-9,68	5,18	0,07
D07	-1,22	5,18	0,81
D08	-1,73	5,18	0,74
D09	-7,74	5,18	0,14
D10	-14,64	5,18	0,01
D11	-15,92	5,18	0,00
D12	-7,73	5,18	0,14

* Nível de significância nominal do teste t. Valores inferiores a 0,05 indicam taxas de variação significantes.



Os resultados de redução de carbono podem ser explicados pela decomposição promovida pelas temperaturas elevadas e presença de umidade, oriunda da irrigação. Em estudo no Rio Grande do Sul, Bona et al. (2006) concluíram que o efeito da irrigação aumentou a adição de C pelas culturas, porém isso não refletiu em aumento no estoque de C orgânico na faixa de 0-20 cm, pelo fato de a umidade proporcionada pela irrigação ter aumentado a taxa de decomposição da matéria orgânica. Assim, fica evidente a importância da definição criteriosa de sistemas de manejo de solo, em áreas irrigadas, em regiões de clima quente.

Canqui e Lal (2009) advertem que as condições climáticas de uma ecorregião particular afetam a taxa de decomposição dos resíduos e seu acúmulo na forma de carbono orgânico no solo. Maiores quantidades de resíduos agrícolas retornados aos solos em temperaturas mais elevadas são requeridas para manutenção ou elevação de níveis de carbono orgânico no solo, especialmente em temperaturas acima de 20 °C.

Considerações finais

Para fins de aumento do armazenamento de carbono no solo, recomenda-se o sistema de produção de melão C12 (vegetação espontânea incorporada + milho + braquiária). Esse tratamento foi o único que apresentou variação positiva no estoque de carbono, considerando todo o perfil de solo estudado (0-40 cm) e o período monitorado.

Contudo, os tratamentos sem perdas de carbono podem ser considerados, de certa forma, positivos, considerando o desafio de manutenção do estoque de carbono em solos tropicais, sob irrigação, sendo mais desejável o acúmulo.

Dentre os tratamentos estudados, apenas os D10 (guandu + milheto) e D11 (feijão-de-porco) apresentaram variações negativas no estoque de carbono, no perfil estudado, não sendo recomendáveis quando o objetivo for acúmulo de carbono no solo. Nos demais tratamentos, houve manutenção do estoque de carbono.

Para pesquisas futuras, o tratamento C12 merece ser avaliado por períodos mais longos, com o intuito de avaliar a estabilidade do acúmulo de carbono alcançado.



Referências

ASSIS, C. P.; OLIVEIRA, T. S. de; DANTAS, J. de A. da N.; MENDONÇA, E. de S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 138, n. 1-2, p. 74-82, 2010.

BONA, F. D. de; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, n. 5, p. 911-920, 2006.

CANQUI, H. B.; LAL, R. Crop residue management and soil carbono dynamics In: LAL, R.; FOLLET, R. F. (Ed.). Soil carbono sequestration and the green house effect. 2. ed. Madison: **Soil Science Society of América**, 2009. p. 291-309.

DENEK, K.; STEWART, C. E.; BRENNER, J.; PAUSTIAN, K. Does long-term center pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems. **Geoderma**, v. 145, n. 1, p. 121-129, 2008.

FANG, S.; XUE, J.; TANG, L. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. **Journal of Environmental Management**, v. 85, n. 3, p. 672-679, 2007.

FOLLET, R. F. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil & Tillage Research**, v. 61, n. 1-2, p. 77-92, 2001.

MEYER-AURICH, A.; WEERSINK, A.; JANOVICEK, K.; DEEN, B. Cost efficient rotation and tillage options to sequester carbon and mitigate GHG emissions from agriculture in Eastern Canada. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 117, n. 2-3, p. 119-127, 2006.

MORGAN, J. A.; FOLLET, R. F.; ALLEN JR., L. H.; GROSSO, S. del G.; DERNER, J. D.; DIJKSTRA, F.; FRANZLUEBBERS, A.; FRY, R.; PAUSTIAN, K.; SCHOENEBERGER, M. M. Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 65, n. 1, p. 6-13, 2010.

RONQUIM, C. C. **Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. 52 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 63). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPM/2108/1/doc63_carbono_nesp.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2012.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 84, n. 1, p. 28-40, 2005.