



Teores de carbono em áreas de cana-de-açúcar com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo

Camila Viana Vieira Farhate⁽¹⁾; Zigomar Menezes de Souza^(1*); Ingrid Nehmi de Oliveira⁽¹⁾; Lenon Henrique Lovera⁽¹⁾; Euriana Maria Guimarães⁽¹⁾; Icaro Sadao Matsuda Tamashiro⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri) – Av. Cândido Rondon, 501, Barão Geraldo, Campinas, São Paulo, Brasil, 13.083-875. (*zigomarms@feagri.unicamp.br).

RESUMO: Dada a influência de práticas agrícolas no armazenamento de carbono no solo, o objetivo desse estudo foi determinar o carbono total em áreas de cana-de-açúcar com diferentes configurações de plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo, bem como avaliar suas relações com atributos físico e químicos do solo. O estudo foi conduzido em condições de campo nas dependências da usina Santa Fé, localizada no município de Ibitinga, São Paulo, Brasil. O delineamento experimental ocorreu em faixas em esquema de parcelas subdivididas. Foram utilizadas quatro plantas de cobertura (crotalária, milho, amendoim e sorgo) nas faixas horizontais e três sistemas de preparo de solo (plantio direto, cultivo mínimo e cultivo mínimo com subsolagem profunda) nas faixas verticais. Adicionalmente, foi implantado como referência um tratamento testemunha, com o preparo convencional e ausência de planta de cobertura. Concluiu-se que o uso de milho associado ao plantio direto proporciona maiores teores de carbono total durante o ciclo de cana planta, sendo os valores encontrados na entrelinha de plantio direto superiores ao tratamento testemunha.

Termos de indexação: Matéria orgânica do solo, milho, plantio direto.

INTRODUÇÃO

O sequestro de carbono (C) contribui para o aumento da matéria orgânica do solo, que por sua vez desempenha um papel importante na manutenção da produtividade agrícola (CONCEIÇÃO et al., 2017). Entretanto, o carbono orgânico (CO) do solo é extremamente dinâmico, pois é uma fonte de energia para todos os microrganismos e outros organismos pertencente à biota do solo e, altamente suscetível a processos erosivos, uma vez que é preferencialmente removido por ter baixa densidade e, por estar

localizado nas proximidades da superfície do solo (LAL et al., 2015).

Em contrapartida, a utilização de plantas de cobertura associadas, a sistemas de preparo do solo conservacionistas, tende a favorecer o armazenamento de carbono no solo, uma vez que a implantação da cultura é feita sobre restos de culturas anteriores e a movimentação do solo é mínima e/ou restrita à linha de plantio (BHAN e BEHERA, 2014).

Porém, estudos que avaliem diferentes configurações de manejo (plantas de cobertura vs preparo do solo), ainda são insipientes em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi determinar os teores de carbono total (CT) em áreas de cana-de-açúcar com diferentes configurações de plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo, bem como avaliar suas relações com atributos físico-químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

O estudo foi conduzido em condições de campo, na usina Santa Fé, em uma área experimental no município de Ibitinga-SP, localizado a 491 metros acima do nível do mar. O clima da região é classificado como tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação climática de Köppen.

Tratamentos e amostragens

O experimento ocorreu em faixas com quatro plantas de cobertura (crotalária, milho, amendoim e sorgo) alocadas nas faixas horizontais e três sistemas de preparo do solo (plantio direto, cultivo mínimo e cultivo mínimo com subsolagem profunda), nas faixas verticais, com três repetições cada. Além disso, um tratamento testemunha, com o preparo convencional e ausência de planta de cobertura foi usado como referência.

As amostragens de solo foram realizadas durante o ciclo de produção da cana planta e



primeiro ciclo de cultivo da cana soca, na linha e entrelinha de plantio, na camada de 0,00-0,05 m.

Atributos físicos, químicos e teor de carbono total

As frações granulométricas (areia, silte e argila) foram determinadas conforme estabelecido por Camargo et al. (1986). A determinação da macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e densidade do solo (Ds) ocorreu de acordo com a metodologia da Embrapa (2017). O diâmetro médio dos agregados (DMP) foi determinado de acordo com Kemper e Chepil (1965). O cálculo da resistência à tensão do agregado (RT) foi realizado como descrito por Dexter e Kroesbergen (1985). A resistência à penetração (RP) foi obtida por meio de um penetrômetro eletrônico de bancada.

A determinação do pH do solo, cátions trocáveis (Ca, Mg e K), fósforo disponível em resina (P), matéria orgânica (MO) (oxidação úmida), potencial de acidez (H+Al), ocorreu de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001). O carbono total (CT) foi obtido por combustão com auxílio de um analisador elementar.

Análise estatística

Diferenças significativas entre os tratamentos foram avaliadas por meio de análise de variância (ANOVA) utilizando o teste t em parcelas subdivididas, que ao apresentar significância foram submetidos a um teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, foi realizado um teste de blocos utilizando o teste de Dunnett (5% de probabilidade) ao acaso incluindo o tratamento testemunha. As análises de correlação de Pearson foram realizadas com o auxílio do programa R (R CORE TEAM, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se maiores teores de carbono total para o ciclo de produção de cana soca em relação à cana planta (Tabela 1). Contudo, verifica-se uma maior diferenciação entre os tratamentos para o ciclo de produção da cana planta quando comparada a cana soca.

Para ambos os ciclos de produção, cana planta e cana soca, tanto na linha como na entrelinha de plantio (Tabela 1), o uso de plantas de cobertura não apresentou efeito significativo para o sistema de cultivo mínimo com preparo profundo (CMSP), para o carbono total.

Entretanto, para cana planta, houve maiores teores de carbono total (CT) na linha de plantio

quando o amendoim e cultivo mínimo foram utilizados (Tabela 1). A crotalaria e o milheto em sistema de plantio direto proporcionaram maiores teores de CT na linha de plantio. Com destaque para o milheto que proporcionou maiores teores de CT na entrelinha, sendo o único tratamento a se diferenciar da testemunha, com valores 103% superiores. Para o ciclo de produção da cana soca, apenas o uso do milheto no sistema com cultivo mínimo se diferenciaram dos demais tratamentos.

Em estudo de Rosolem et al. (2016), os autores avaliaram o carbono afetado por plantas de cobertura sob plantio direto em clima tropical e ressaltaram que embora os ganhos de carbono nas frações lábeis tenham sido maiores após o cultivo de gramíneas de cobertura (milheto e híbrido Cober Crop), eles podem ser temporários porque esse carbono lábil é facilmente consumido por microorganismos.

Em relação a análise de correlação, observa-se na Figura 1, que as interações entre o teor de CT e os atributos físicos do solo foram maiores e mais intensas para o ciclo de cana planta do que para o ciclo de cana soca, enquanto o oposto ocorreu para os atributos químicos do solo (Figura 2).

Provavelmente esses resultados ocorreram em função da degradação dos atributos físicos do solo ocasionada pelo excessivo tráfego de máquinas durante a colheita da cana-de-açúcar que tende a homogeneizar os resultados entre os tratamentos, diminuindo o efeito desses atributos sob o CT. O tráfego em canaviais é caracterizado por maquinários e implementos pesados, que realizam operações agrícolas, tais como, preparo do solo, adubação, controle de pragas e ervas daninha, e a colheita da cultura e ocasionam acelerado processo de degradação do solo, principalmente devido a severa compactação do solo (WHITE e JOHNSON, 2018).

Simultaneamente, a decomposição da palha da cana-de-açúcar tende a aumentar o nível de interações entre os atributos químicos por meio da ciclagem de nutrientes. Em estudo sobre o acúmulo de macronutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar (cana-planta), Franco et al. (2013) observaram a seguinte ordem: K>N>Ca>S>Mg>P, indicando elevado potencial de ciclagem para o K, N e Ca.

CONCLUSÕES

O uso de milheto associado ao plantio direto proporciona maiores teores de carbono total durante o ciclo de cana planta, tanto na linha como na



entrelinha, sendo os teores de carbono na entrelinha de plantio superiores ao tratamento testemunha.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Agrisus (PA Nº 1439/15) pelo apoio financeiro e, ao Grupo Itaquerê por ter fornecido a área de estudo.

REFERÊNCIAS

BHAN, S.; BEHERA, U.K. Conservation agriculture in India – Problems, prospects and policy issues. *International Soil and Water Conservation Research*. Dongcheng, v.2: 1-12, 2014.

CAMARGO, O.A. et al. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p.

CONCEIÇÃO, M.G. et al. Changes in soil carbon stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Amazon Region. *Agricultural Sciences*, 8: 904-913, 2017.

DEXTER, A.R.; KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 31: 139-147, 1985.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solos. 3ª edição revista e ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.

FRANCO, H.C.J. et al. Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil. *Scientia Agricola*, 70: 305-312, 2013.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society Agronomy, 1965. p.499-510.

LAL, R. et al. Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15: 79-86, 2015.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>> Acesso em 17 mai. 2018.

RAIJ, B.V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

ROSOLEM, et al. Soil carbon as affected by cover crops under no-till under tropical climate. *Soil Use and Management*, 32: 495-50, 2016.

WHITE, P.; JOHNSON, R. Improving soil management in sugarcane cultivation. In: ROTT, P. (Ed.). *Achieving sustainable cultivation of sugarcane*. London: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018. p.97-109.

Tabela 1. Teor de carbono orgânico total (g kg^{-1}) para a camada de 0,00-0,05 m, na linha e entrelinha de plantio, em área de cana-de-açúcar cultivada com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo.

| Planta de cobertura | Sistema de preparo do solo | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|----------|---------|-------------------------------|---------|----------|
| | CM | PD | CMSP | CM | PD | CMSP |
| | Cana planta – Linha | | | Cana soca – Linha | | |
| Amendoim | 6,24 aA | 3,18 bB | 5,30 aA | 9,02 aB | 7,39 aA | 10,09 aA |
| Crotalária | 5,24 aAB | 5,33 aA | 5,31 aA | 6,49 aB | 8,51 aA | 11,04 aA |
| Milheto | 5,31 abAB | 4,80 bA | 6,18 aA | 15,15 aA | 9,27 bA | 8,25 bA |
| Sorgo | 4,44 abB | 4,33 bAB | 5,63 aA | 9,41 aB | 9,98 aA | 10,24 aA |
| Testemunha | | 4,75 | | | 8,80 | |
| | Cana planta – Entrelinha | | | Cana soca – Entrelinha | | |
| Amendoim | 6,44 aA | 5,49 aB | 4,82 aA | 9,23 aA | 7,48 aA | 9,19 aA |
| Crotalária | 5,45 aA | 6,19 aAB | 5,56 aA | 6,28 aA | 8,81 aA | 7,20 aA |
| Milheto | 4,27 bA | 9,12 aA* | 5,98 bA | 7,18 aA | 9,75 aA | 7,19 aA |
| Sorgo | 4,12 aA | 4,93 aB | 6,38 aA | 6,87 aA | 7,41aA | 10,89 aA |
| Testemunha | | 4,50 | | | 6,43 | |

CM = cultivo mínimo; PD = plantio direto; SP = cultivo mínimo com subsolagem profunda; Testemunha = sem planta de cobertura e com preparo convencional do solo. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

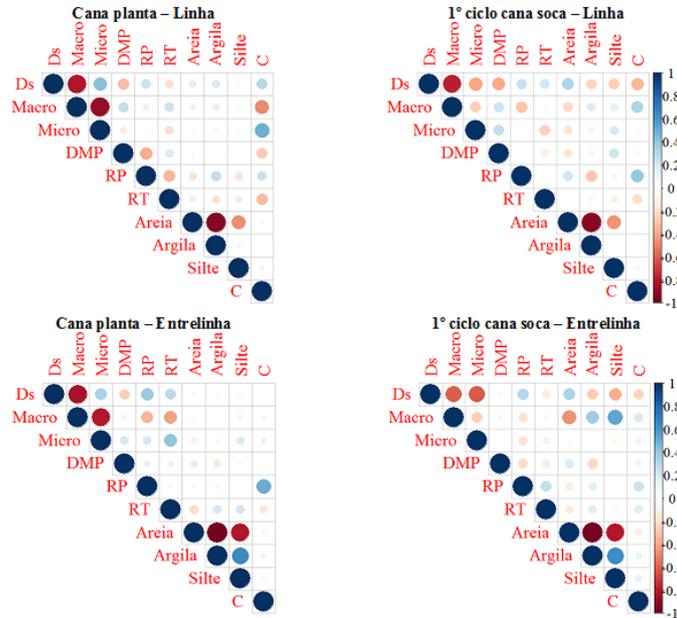


Figura 1 – Coeficientes de correlação de Pearson para os atributos físicos e teor de carbono orgânico total do solo, para a camada de 0,00-0,05 m, na linha e entrelinha de plantio, em área de cana-de-açúcar cultivada com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo. Ds = densidade do solo (kg dm^{-3}); Macro = macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); micro = Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), DMP= diâmetro médio ponderado (mm); RP = resistência do solo à penetração (Mpa); RT= resistência tênsil do agregado (kPa); C = carbono total (g kg^{-1}).

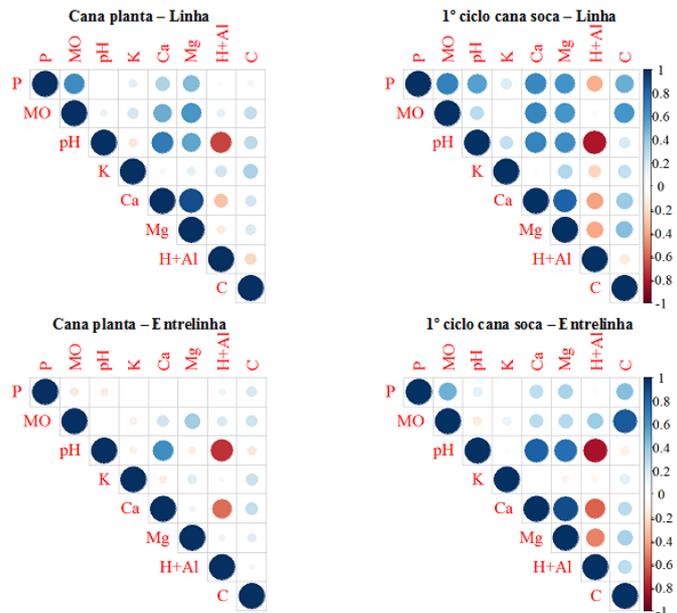


Figura 2 – Coeficientes de correlação de Pearson para os atributos químicos e teor de carbono orgânico total do solo, para a camada de 0,00-0,05 m, na linha e entrelinha de plantio, em área de cana-de-açúcar cultivada com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo. P = fósforo (Resina) (mg dm^{-3}); MO = matéria orgânica do solo (g dm^{-3}); pH = potencial hidrogeniônico; K = potássio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$); Ca = cálcio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$); Mg = magnésio ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$); H+Al = acidez potencial ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$); C = carbono total (g kg^{-1}).