

A incorporação de calcário em sistema plantio direto consolidado reduz o estoque de carbono em macroagregados do solo

The incorporation of limestone in consolidated no-tillage system reduces carbon stock in soil macroaggregates

Renato Yagi^I Jonez Fidalski^{II} Cássio Antonio Tormena^{III}

- NOTA -

RESUMO

Estoques de carbono em macroagregados do solo possuem relação com a taxa de sequestro de C no solo em sistema plantio direto. Objetivou-se avaliar os estoques de carbono em macroagregados (12,5-19,0mm) em função do revolvimento ocasional e/ou da calagem de um Latossolo Vermelho Distroférico típico textura muito argilosa, sob sistema plantio direto há 17 anos em Pato Branco, sudoeste do Paraná. A partir de outubro de 2009, foi avaliado um experimento em parcelas sub-subdivididas, tendo como parcelas, épocas de amostragens após 6, 12 e 20 meses do revolvimento do solo e/ou calagem; nas subparcelas, manejos de solo, sem e com revolvimento do solo com uma aração e uma gradagem; e, nas sub-subparcelas, níveis de calagem, sem e com calcário para elevar o índice de saturação por bases para 70%. Dos 6 aos 12 meses, a aplicação de calcário em superfície ou incorporado aumentou os estoques de C dos macroagregados na camada de 0,10-0,20m. Após 20 meses, a incorporação de calcário em solo reduziu os estoques de C dos macroagregados somente na camada de 0-0,10m. Assim, a calagem na superfície é fundamental para a manutenção e aumento dos estoques de C em macroagregados de solo sob sistema plantio direto, mantendo-o consolidado.

Palavras-chave: matéria orgânica do solo, preparo ocasional, sequestro de carbono.

ABSTRACT

Carbon stocks in soil macroaggregates are related to the rate of soil C sequestration in no-tillage system. This study aimed to evaluate carbon stocks in macroaggregates (12.5 to 19.0mm) as a function of the occasional tillage and/or liming of a Hapludox loamy clayey under no-tillage for 17 years in Pato Branco, Paraná southwest, Brazil. Starting from October 2009, it was evaluated an experiment with split-split plots, with plots as sampling dates after 6, 12 and 20 months of the occasional tillage and/or liming;

the subplots as soil management, with and without occasional soil tillage with plowing and disking; and as sub-subplots, liming levels, with and without limestone to raise the base saturation index to 70%. From 6 to 12 months, the limestone application on surface or incorporated increased C stocks of macroaggregates in the 0.10-0.20m layer. After 20 months, the incorporation of limestone in soil reduced C stocks in macroaggregates only in the 0-0.10m layer. Thus, the surface liming is essential for the maintenance and enhancement of C stocks in macroaggregates of no-tillage system, keeping it consolidated.

Key words: soil organic matter, occasional tillage, carbon sequestration.

Antigos paradigmas técnicos voltam a ser avaliados, visando à manutenção da sustentabilidade do sistema plantio direto (SPD), a exemplo da incorporação de calcário ao solo. Por exemplo, o revolvimento de um Argissolo Vermelho Distrófico típico de textura franco argilo arenosa sob SPD, realizado a cada quatro anos com aração e gradagens para a incorporação de calcário, não afetou os teores de carbono (C) orgânico total do solo após 12 anos da intervenção mecânica (MARCOLAN & ANGHINONI, 2006). No mesmo solo, com a terceira reaplicação de calcário após 12 anos, os teores de C orgânico total do solo na camada de 0-0,15m permaneceram inalterados após 12, 24, 36 e 48 meses da incorporação do corretivo (MARCOLAN et al., 2007).

Ademais, também tem sido avaliado o preparo ocasional do solo em SPD, aquele que é caracterizado por uma única intervenção mecânica

^IÁrea de Solos (ASO), Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Rodovia do Café, km 496, s/n, CP 129, 84002-970, Ponta Grossa, PR, Brasil. E-mail: ryagi@iapar.br. Autor para correspondência.

^{II}ASO, IAPAR, Paranavaí, PR, Brasil.

^{III}Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil.

em área com mais de 10 anos sob SPD, sendo sugerida como prática para incrementar o potencial do solo em sequestrar C em regiões frias (QUINCKE et al., 2007). Assim, um indicador da taxa de sequestro de C, com base em massa equivalente de solo, como os estoques de C em macroagregados (FERREIRA et al., 2012), poderia caracterizar o impacto positivo ou negativo de um revolvimento ocasional para incorporação de calcário ao solo em um SPD consolidado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da calagem e do revolvimento do solo nos estoques de C em macroagregados de um Latossolo Vermelho Distroférico típico textura muito argilosa, sob SPD há 17 anos.

Um experimento foi implantado em 13/10/2009 na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Pato Branco, sudoeste do Estado do Paraná (26°07'16''S e 52°39'37''W; altitude de 730m). A área estava sob SPD conduzida continuamente com rotação de culturas há 17 anos, com relevo plano a suave ondulado, apresentando na camada de 0-0,20m: teor de argila de 620g kg⁻¹, teor médio de C de 23g dm⁻³, e índice de saturação por bases de 57% e valores médios de densidade do solo nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30m, respectivamente, de 1,26; 1,30 e 1,20Mg m⁻³.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados no esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições, tendo como parcelas, épocas de amostragens de solo após implantação do experimento, após 6, 12 e 20 meses, sendo as amostragens realizadas após colheitas de milho (*Zea mays* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e soja (*Glycine max* (L.) Merr.), respectivamente; nas subparcelas, o revolvimento ou não do solo, realizado em 13/10/2012 com arado de 4 discos, com 32" de diâmetro, seguida de gradagem niveladora com grade de 32 discos e 14" de diâmetro, na camada de 0-0,20m; e nas sub-subparcelas: a aplicação ou não de 1,7Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT=100%) para elevar o índice de saturação por bases a 70%.

Nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30m foram coletados blocos de solo com largura de 0,10m, comprimento de 0,20m e espessura de 0,10m, os quais foram destorroados manualmente, obtendo-se 40 macroagregados de solo, os quais foram selecionados com peneiras metálicas de 12,5 e 19,0mm de abertura. Os agregados foram secos à sombra, moídos e tamisados em peneira de 2mm para a determinação dos teores de C orgânico (PAVAN et al., 1992). Amostras indeformadas de solo também

foram coletadas nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30m para quantificar a densidade do solo (CLAESSEN, 1997).

Os estoques de C no solo foram calculados conforme descrito por ELLERT & BETANY (1995), utilizando-se a camada de 0,20-0,30m de profundidade como referência (LEE et al., 2009). Os resultados de estoques de C em macroagregados das camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20m foram submetidos à análise de variância (Teste F) e à comparação de médias, utilizando o teste de Tukey.

Os resultados de estoques de C apresentaram interação tripla significativa (épocas de amostragens, manejo do solo e calagem) na camada de 0-0,10m (P≤0,10); interação dupla entre as épocas de amostragens com manejo do solo (P<0,05) e calagem (P<0,05) na camada de 0,10-0,20m.

Dos 12 aos 20 meses, os estoques de C dos macroagregados na camada de 0-0,10m diminuíram (20%) somente no tratamento com incorporação de calcário ao solo; por outro lado, os estoques de C mantiveram-se constantes ao longo do tempo com a aplicação de calcário na superfície do solo (Figura 1a). Resultados de estoques de C do solo obtidos no presente trabalho são distintos daqueles que consideram somente os teores de C do solo (MARCOLAN & ANGHINONI, 2006; MARCOLAN et al., 2007), pois alterações nestes últimos não foram observadas com a incorporação esporádica de calcário em SPD consolidado. Dessa forma, a incorporação mecânica de calcário ao solo atuou na oxidação microbológica dos estoques de C da camada superficial do solo.

Quando não associado à calagem, o revolvimento ocasional do solo não reduziu os estoques de C dos macroagregados da camada de 0-0,10m, mantendo-se constante nas amostragens de solo subsequentes à intervenção mecânica (Figura 1a). Tanto no sistema de cultivo convencional quanto no SPD, a humificação da matéria orgânica do solo aumenta em profundidade (FAVORETTO et al., 2008), podendo manter os estoques de C em macroagregados de solo mesmo após o revolvimento, devido à maior recalitrância das substâncias húmicas expostas na camada superficial do solo, além da incorporação destas e de materiais orgânicos, que compensam a oxidação adicional, devido o revolvimento.

A calagem, seja ela feita na superficialmente ou incorporada ao solo, aumentou (40%) os estoques de C na camada de 0,10-0,20m dos 6 aos 12 meses (Figura 1b). Mesmo aplicado à superfície, os produtos da dissociação do calcário, em particular os íons Ca²⁺, migraram em profundidade do solo, possivelmente

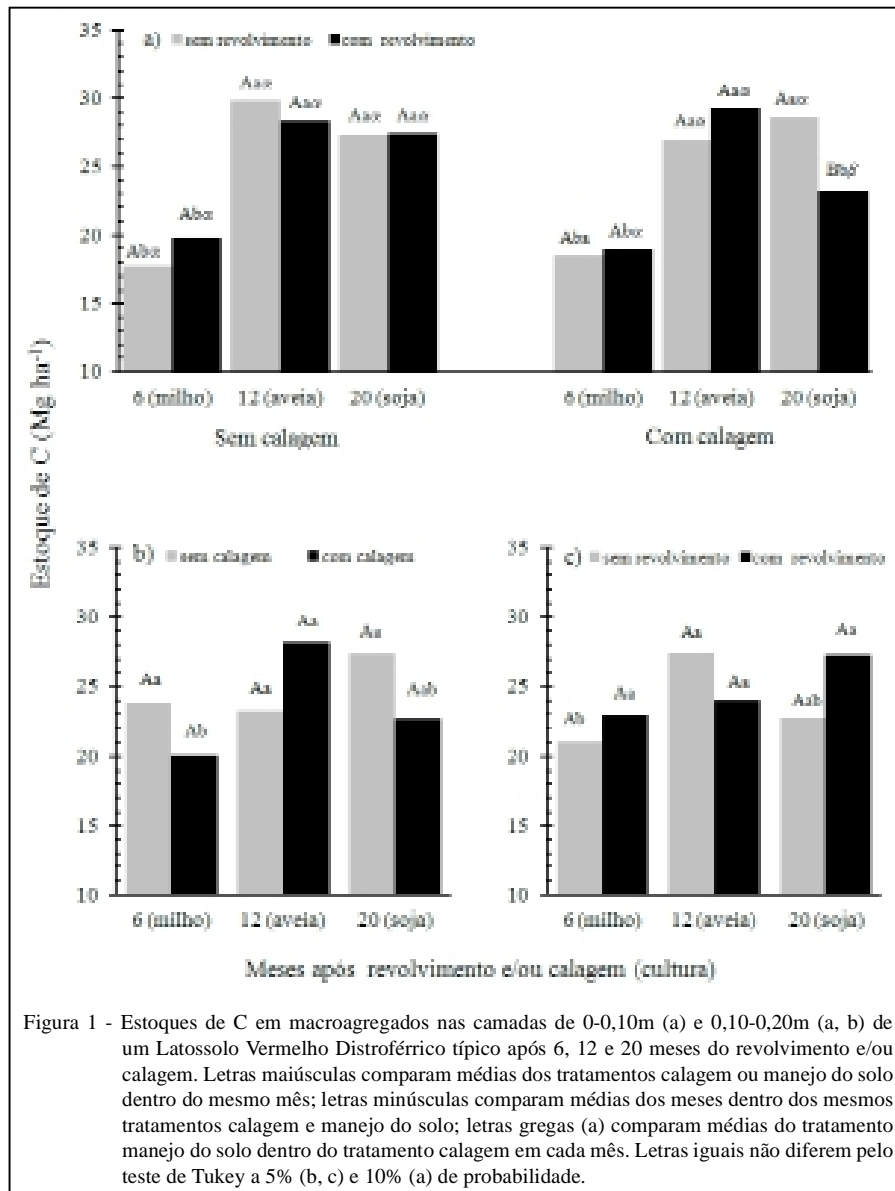


Figura 1 - Estoques de C em macroagregados nas camadas de 0-0,10m (a) e 0,10-0,20m (a, b) de um Latossolo Vermelho Distroférrico típico após 6, 12 e 20 meses do revolvimento e/ou calagem. Letras maiúsculas comparam médias dos tratamentos calagem ou manejo do solo dentro do mesmo mês; letras minúsculas comparam médias dos meses dentro dos mesmos tratamentos calagem e manejo do solo; letras gregas (a) comparam médias do tratamento manejo do solo dentro do tratamento calagem em cada mês. Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a 5% (b, c) e 10% (a) de probabilidade.

por intermédios de ácidos orgânicos de baixo peso molecular (MIYAZAWA et al., 1996) e de possíveis formações de compostos com sulfato e nitrato, bem como fisicamente associado ao movimento de água em macroporos. Dessa forma, ao se concentrar na camada de 0,10-0,20m, o Ca²⁺ pode ter atuado como ponte de cátion entre moléculas orgânicas e minerais da fração argila, aumentando os estoques de C do solo (BRIEDIS et al., 2012). Ao contrário da camada de 0-0,10m, o aumento nos estoques de C na camada de 0,10-0,20m com a incorporação de calcário pode ser associado às condições menos favoráveis de decomposição microbiana na sub-superfície do solo, que, associadas à incorporação dos resíduos vegetais

com o revolvimento do solo com alto teor de argila, propiciaram proteção química e física de complexos organo-minerais a partir de pontes de cátions.

Houve aumento (31%) dos estoques de C dos agregados da camada de 0,10-0,20m, dos 6 aos 12 meses, quando o SPD foi mantido continuamente, o que não ocorreu quando o solo foi revolvido (Figura 1c). Assim, também pode ter havido contribuição do aporte de biomassas de raízes de milho e aveia preta na camada de 0,10-0,20m do solo sob SPD sem revolvimento do solo; por outro lado, em solo revolvido, uma possível homogeneização e diluição dos teores de C na camada de 0-0,20m resultaram na ausência de aumento significativo dos estoques de C na camada de 0,10-0,20m entre estas duas amostragens.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedidas ao segundo (448/2013) e terceiro autor (303624/2013-2), respectivamente.

REFERÊNCIAS

- BRIEDIS, C. et al. Soil organic matter pools and carbon-protection mechanisms in aggregate classes influenced by surface liming in a no-till system. **Geoderma**, v.170, p.80-88, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706111002965>>. Acesso em: 09 mai. 2014. ?doi:10.1016/j.geoderma.2011.10.011.
- CLAESSEN, M.E.E. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. 212p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).
- ELLERT, B.H.; BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, n.4, p.529-538, 1995. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjss95-075>>. Acesso em: 10 jul. 2006.
- FAVORETTO, C.M. et al. Determination of humification degree of organic matter of an Oxisol and of its organo-mineral fractions. **Química Nova**, v.31, n.8, p.1994-1996, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000800015&script=sci_arttext>. Acesso em 24 nov. 2012. doi: 10.1590/S0100-40422008000800015.
- FERREIRA, A.O. et al. Relação de estratificação como indicador do sequestro de carbono em macroagregados de Latossolo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.42, n.4, p.646-652, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000400011&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 09 mai. 2014. doi: 10.1590/S0103-84782012000400011.
- LEE, J. et al. Determining soil carbon stock changes: Simple bulk density corrections fail. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.134, n.3, p.251-256, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909002254>>. Acesso em: 09 mai. 2014. doi: 10.1016/j.agee.2009.07.006.
- MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimentos de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.1, p.163-170, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000100016>. Acesso em: 01 dez. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832006000100016.
- MARCOLAN, A.L. et al. Recuperação de atributos físicos de um Argissolo em função do seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, p.571-579, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000300017>. Acesso em 2 dez. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832007000300017.
- MIYAZAWA, M. et al. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 1996, Belo Horizonte, MG. **Abstracts...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.
- PAVAN, M.A. et al. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40p. (Circular técnica, 76).
- QUINCKE, J.A. et al. Occasional tillage of no-till systems: carbon dioxide flux and changes in total and labile soil organic carbon. **Agronomy Journal**, v.99, n.4, p.1158-1168, 2007. Disponível em: <<https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/99/4/1158>>. Acesso em: 09 mai. 2014 doi: 10.2134/agronj2006.0317.