



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 10, Issue, 06, pp. 36420-36425, June, 2020

<https://doi.org/10.37118/ijdr.18954.06.2020>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

DENSIDADE DO SOLO E ESTOQUES DE CARBONO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO EM GUARUJÁ DO SUL, SANTA CATARINA, BRASIL

Cristiano Santos¹, Ludmila Nascimento Machado¹, Arcângelo Loss^{1*} and Denilson Dortzbach²

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, CEP 88034-000, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

²Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Ciram. Av. Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi, CEP 88034901, Florianópolis, SC, Brasil

ARTICLE INFO

Article History:

Received 28th March, 2020

Received in revised form

20th April, 2020

Accepted 11th May, 2020

Published online 25th June, 2020

Key Words:

Plantio Direto,
Carbono Orgânico do Solo,
Pastagem, Densidade do solo.

*Corresponding author: Arcângelo Loss

ABSTRACT

O sistema plantio direto (SPD) associado ao uso de gramíneas pode aumentar os estoques de carbono no solo. O presente trabalho objetivou avaliar a densidade do solo (Ds), carbono orgânico total (COT) e os estoques de COT (ECOT) do solo sob diferentes sistemas de uso. Foram avaliadas cinco áreas em Guarujá do Sul, Santa Catarina, Brasil, com diferentes usos do solo: 3 anos com milho silagem em SPD; 27 anos com milho grão em SPD; 2 anos com pastagem anual em sistema de preparo convencional (SPC); 1,6 anos com pastagem perene, aveia (*Avena sativa* L.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) em SPD; e floresta secundária com 40 anos. Amostras de solo das camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm foram coletadas para avaliação de Ds, COT e ECOT. A área de floresta apresentou os menores valores de Ds (0-10 cm) e os maiores ECOT na camada de solo 0-40 cm (97,46 Mg ha⁻¹), sendo superiores às demais áreas avaliadas. A área com milho SPD-27 anos foi mais eficiente em aumentar os ECOT na camada de 0-40 cm em comparação às demais áreas, alcançando um ECOT de 56,15 Mg ha⁻¹, em comparação à pastagem perene (52,22 Mg ha⁻¹), pastagem anual (50,55 Mg ha⁻¹) e ao milho SPD-3 anos (48,84 Mg ha⁻¹), mostrando assim o efeito benéfico do SPD. A pastagem perene reduziu os valores de Ds (20-40 cm) e aumentou os ECOT nas camadas de 0-5, 20-40 e 0-40 cm em comparação à pastagem anual. A área de pastagem anual manejada em SPC por 2 anos apresentou menores teores de COT e ECOT na camada superficial do solo quando comparada às demais áreas avaliadas.

Copyright © 2020, Cristiano Santos et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Cristiano Santos, Ludmila Nascimento Machado, Arcângelo Loss and Denilson Dortzbach. "Densidade do solo e estoques de carbono sob diferentes sistemas de uso do solo em Guarujá do Sul, Santa Catarina, Brasil", *International Journal of Development Research*, 10, (06), 36420-36425.

INTRODUCTION

O avanço das fronteiras agrícolas, caracterizado pela substituição de ecossistemas naturais por áreas cultivadas, vem se intensificando nas últimas décadas, acarretando em alterações na qualidade do solo e na dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) (Rangel & Silva, 2007). A conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas envolve uma série de práticas que afetam as taxas de adição e decomposição da MOS (Zinn et al., 2005; Loss et al., 2014). A importância da MOS para os diferentes processos físicos, químicos e biológicos do solo é amplamente reconhecida na literatura (Beare et al., 1994; Six et al., 2004; Roscoe et al., 2006; Loss et al., 2012, 2014). A MOS desempenha diversas funções no ambiente, está ligada a processos fundamentais como a ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e

dinâmica da água, e é fonte básica de energia para a atividade biológica do solo (Six et al., 2004; Roscoe et al., 2006). Carbono e nitrogênio são dois importantes elementos químicos que não existem no material de origem do solo; estes são incorporados pela matéria orgânica na forma de compostos orgânicos ao longo do tempo de desenvolvimento do solo (Raij, 2011). Aproximadamente 30% do carbono orgânico total (COT) do solo é armazenado em ecossistemas subtropicais e tropicais, mas pode ser rapidamente perdido devido à conversão para áreas de agricultura (Richards et al., 2007). O uso e manejo do solo é um fator fundamental na determinação dos estoques de carbono orgânico total (ECOT) do solo, visto que representa a ação antrópica sobre o solo, principalmente as atividades de produção de alimentos, fibras e energia por meio da agricultura (Bayer et al., 2009). O sistema plantio direto (SPD), por exemplo, pode promover

incrementos nos ECOT do solo, contribuindo para a sua retirada da atmosfera. Isto é decorrente da não movimentação do solo e da não incorporação dos resíduos vegetais, o que garante menor taxa de decomposição (Roscoe *et al.*, 2006; Boddey *et al.*, 2010). Entretanto, o sistema de preparo convencional (SPC) interfere basicamente na taxa de decomposição da MOS, pois, quanto maior a intensidade de revolvimento do solo maior será o rompimento de agregados que protegem fisicamente o COT (Bayer *et al.*, 2009; Loss *et al.*, 2014). Avaliando os teores de COT em áreas de SPD, SPC, e áreas de pastagem e floresta em solo argiloso no Paraná, Loss *et al.* (2014) encontraram maiores teores de COT em SPD, seguido por áreas de pastagem e floresta, que não diferiram entre si, e os menores valores foram encontrados no SPC. Os autores relataram que os maiores teores de COT no SPD são devidos ao uso de cobertura morta e da ausência de revolvimento do solo neste sistema; e no SPC, os menores valores foram associados ao efeito negativo das práticas de manejo de aração e gradagem.

Solo sob SPD podem apresentar, após três a quatro anos de cultivo, valores mais altos de densidade aparente do solo (Ds) na camada superficial, quando comparados a outros sistemas de manejo, como o SPC (Stone & Silveira, 2001). Isto pode ser decorrente do arranjo natural do solo quando não é mobilizado e da pressão promovida pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, principalmente quando realizado em solos argilosos e com diferentes teores de umidade (Tormena *et al.*, 1998). Entretanto, em condições de clima tropical e sob solos argilosos, com o decorrer do tempo pode-se apresentar diminuição dos valores de Ds sob o SPD, devido, em parte, ao aumento dos teores de COT na camada superficial do solo, melhorando a agregação e aumentando a porosidade total do solo (Tormena *et al.*, 1998; Loss *et al.*, 2012; Guareschi *et al.*, 2012; Rossetti & Centurion, 2015). Apesar de centenas de estudos de campo e dezenas de revisões de literatura, ainda há considerável divergência sobre a magnitude das mudanças em ECOT devido a mudanças no uso do solo (Deng *et al.*, 2016). Assim, considerando a hipótese de que o SPD associado ao uso de gramíneas pode aumentar os ECOT, este trabalho objetivou avaliar a Ds, COT e ECOT em diferentes camadas de solos sob diferentes sistemas de uso na região de Guarujá do Sul, Santa Catarina, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Guarujá do Sul, região extremo oeste de Santa Catarina (26°23'4"S, 53°31'15"W e 706 metros de altitude ao nível do mar). Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta um clima Cfa, subtropical úmido com verão quente, sem estação seca definida, com verão ameno (temperatura média do mês mais quente < 22,0 °C), a precipitação total anual varia de 1.790 a 2.280 mm, com a umidade relativa do ar entre 73 a 82% (Thomé *et al.*, 1999). Segundo Rocha (2014), Guarujá do Sul está inserido na formação Serra Geral, que é na verdade, a escarpa do planalto modelado nos derrames de rochas efusivas e nas camadas de rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná. A vegetação original é composta por floresta ombrófila mista (Santa Catarina, 1986), classificada como floresta de Araucária, com submata de bosque fechado, na qual predominam as espécies florestais características como angico (*Parapiptadeniaria rigida* (Benth) Brenan), canela (*Nectandra* sp.) e araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze) (Klein, 1978). O relevo

predominante da região varia de ondulado a forte ondulado. A microbacia em que a propriedade está inserida pertence à Unidade Geomorfológica Serra Geral, apresentando rochas vulcânicas em derrames basálticos (Silva & Bortoluzzi, 1987). O solo da região foi classificado como Cambissolo Háplico, segundo Embrapa (2013) and Typic Dystrudept, segundo a Soil Taxonomy (2006), apresentando textura argilosa nos horizontes A (0-8 cm), BA (8-16 cm) e B (16-40 cm). Os teores de argila, areia e silte encontrados nos horizontes foram, respectivamente, em g kg⁻¹, 449, 213 e 335 no horizonte A; 387, 210 e 403 no horizonte BA; 416, 202 e 381 no horizonte B. Predominam argilas de baixa atividade (1:1), com valores de capacidade de troca catiônica baixo de 27 cmol_ckg⁻¹. Os principais tipos de uso do solo, conforme a aptidão agrícola das terras (Machado *et al.*, 2017) são pastagens e lavouras com produção de milho para silagem e grãos.

Cinco áreas com diferentes tipos de uso do solo foram avaliadas: (a) uma área de 3 anos com sucessivos cultivos de milho silagem (*Zea mays* L.) da variedade Agroeste, em SPD (Milho SPD-3 anos); (b) uma área de 27 anos com sucessivos cultivos de milho grão em SPD (Milho SPD-27 anos); (c) uma área de 2 anos com pastagem anual (aveia - *Avena sativa* L.) no inverno e milho no verão, em SPC (Pastagem anual SPC-2 anos); (d) uma área de 1,6 anos com pastagem perene (*Panicum* sp. cv. Áries), com sobresemeadura de aveia e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) em SPD (Pastagem perene SPD-1,6 anos); e (e) uma área coberta por floresta secundária (Ombrófila Mista) há 40 anos (Floresta Secundária), a qual representa a condição original de todas as áreas estudadas. No SPC do solo foram realizadas araques e gradagens para o preparo do solo a uma profundidade de até 30 cm anualmente. Nas áreas com milho SPD 3 e 27 anos, no inverno o solo era mantido com cobertura de plantas espontâneas. As áreas de pastagem anual e perene recebem adubação orgânica (esterco de aviário) duas vezes por ano conforme a quantidade recomendada pelo Manual de Adubação e Calagem dos estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) (CQFS-RS/SC, 2004). A áreas de milho receberam adubação química (NPK), sendo 240 kg ha⁻¹ de do formulado 8-20-20. Na área de milho silagem 3 anos, antes era cultivada com pastagem no inverno e milho-grãos no verão em SPD com o uso de cama de aviário (adubação orgânica) feita esporadicamente na pastagem. Na área de milho 27 anos, anteriormente era cultivado soja no SPD. As adubações eram feitas conforme a quantidade recomendada pelo Manual de Adubação e Calagem dos estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004). Na área de pastagem anual, anteriormente era cultivado milho para silagem no SPD e, na pastagem perene, milho para grãos no SPD. As últimas calagens foram realizadas faz 8 anos (área de pastagem anual), 20 anos (pastagem perene) e 5 anos (áreas de milho) antes do presente estudo.

As amostras de solo foram coletadas em julho de 2013, considerando as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Foram coletadas amostras indeformadas, utilizando anel volumétrico com 50 cm³, para a avaliação de Ds conforme preconiza a metodologia da Embrapa (1997), e amostras deformadas para quantificação de COT e ECOT. Cinco trincheiras foram abertas em locais aleatoriamente escolhidos em cada área, considerando os diferentes sistemas de uso do solo, para a coleta de cinco amostras (repetições) por área. Todos os sistemas de uso do solo tinham a mesma condição de relevo e distâncias entre si. Os sistemas avaliados encontravam-se adjacentes, sendo um ao lado do outro. As

amostras indeformadas foram secas em estufa a 105 °C por três dias e, então, pesadas para determinação da Ds (Embrapa, 1997). As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira de malha de 2,00 mm para a quantificação dos teores de COT via oxidação úmida com dicromato de potássio (Embrapa, 1997). Para o cálculo do estoque de carbono foi utilizado o método de massa equivalente (Sisti *et al.*, 2004), conforme equação abaixo.

$$C_s = \sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti} + \left[M_{Tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{Ti} - \sum_{i=1}^n M_{Si} \right) \right] C_{Tn}$$

onde:

C_s é o estoque total em Mg C ha⁻¹,

$\sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti}$ é a soma do carbono da primeira (superfície) a última camada no perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha⁻¹),

$\sum_{i=1}^n M_{Ti}$ é a soma da massa do solo da primeira a última camada no perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha⁻¹),

$\sum_{i=1}^n M_{Si}$ é a soma da massa do solo da primeira a última camada no perfil do solo no tratamento referência (Mg ha⁻¹),

M_{Tn} é a massa do solo na última camada do perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha⁻¹),

C_{Tn} é a concentração de carbono na última camada do perfil do tratamento avaliado (Mg C Mg⁻¹ de solo).

O tratamento referência foi a floresta secundária, que apresentou os menores valores de Ds, conseqüentemente, as menores massas equivalentes por camada. Os sistemas de uso do solo avaliados neste estudo estão sob as mesmas condições topográficas e edafoclimáticas (relevo ondulado, mesmo solo e textura, temperatura e precipitação pluviométrica), diferindo apenas na cobertura vegetal e uso da terra. Dessa forma, os resultados foram avaliados como um delineamento inteiramente casualizado, sendo submetidos à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente, e, então, submetidos à análise de variância. Os valores médios, quando significativos, foram comparados pelo teste Skott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS

A área de floresta apresentou menores valores de Ds nas camadas de 0-5 e 5-10 cm quando comparada aos demais sistemas de uso do solo, os quais não diferiram significativamente entre si. Os valores de Ds variaram de 0,80 a 1,20 Mg m⁻³ na camada superficial do solo e 0,89 a 1,28 Mg m⁻³ na camada de 5-10 cm. Para a camada de 10-20 cm, os menores valores de Ds foram encontradas nas áreas de floresta e milho silagem (SPD); e na última camada, os menores valores de Ds foram observados nas áreas de floresta e pastagem perene em SPD. Os valores de Ds variaram de 1,03 a 1,32 Mg m⁻³ na camada de 10-20 cm e 0,96 a 1,28 Mg m⁻³ na camada de 20-40 cm (Tabela 1). Os maiores valores de COT e ECOT, foram encontrados na área de floresta, independentemente da camada avaliada. As maiores variações e diferenças de ECOT entre os sistemas avaliados foram encontrados na camada de 0-40 cm, com valores variando de

48,84 a 97,46Mg ha⁻¹ (Tabela 1). Os menores teores de COT e ECOT na camada de 0-5 cm foram encontrados na área com pastagem anual. As áreas de pastagem perene, milho grão SPD e milho silagem SPD apresentaram valores de COT e ECOT similares. Os teores de COT nas camadas de 5-10, 10-20 e 20-40 cm dos sistemas de uso do solo com milho e pastagem foram similares. Porém, os valores de ECOT nas camadas mais profundas (10-20 e 20-40 cm) mostrou diferenças entre os sistemas de uso do solo. Os ECOT na camada de 10-20 cm nas áreas com milho SPD-27 anos e pastagem anual SPC-2 anos foram maiores do que aqueles encontrados para as áreas de milho SPD-3anos e pastagem perene SPD-1,6 anos. Os maiores ECOT na camada de 20-40 cm foram encontrados nos sistemas com milho SPD-27 anos e pastagem perene SPD-1,6 anos (Tabela 1). Os ECOT encontrados na camada de 0-40 cm da área com milho SPD-27 anos foram maiores em comparação às demais áreas, mostrando o efeito benéfico do SPD com o passar dos anos. As áreas com pastagem em SPC e milho SPD-3 anos apresentaram os menores ECOT (Tabela 1).

DISCUSSÃO

Os menores valores de Ds na área de floresta são devidos à ausência de interferência antrópica e aos maiores valores de MOS (COT) encontrados em todas as camadas. A MOS, devido a sua baixa densidade, reduz a densidade do solo originada da mistura de matéria orgânica e partículas minerais do solo (Aragón *et al.*, 2000, Braida *et al.*, 2006). Em condições naturais, em geral, o acúmulo de MOS resulta em melhorias da estrutura do solo, com redução da densidade do solo e aumento da porosidade (Braida *et al.*, 2011). Avaliando a variabilidade espacial dos atributos físicos em solo argiloso cultivado com cana de açúcar, Tavares *et al.* (2012) encontraram valores de correlação negativa entre os teores de COT e Ds nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. Os autores concluíram que o COT contribuiu para a redução da densidade do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Loss *et al.* (2012), avaliando os valores de Ds e COT em áreas de floresta, pastagem no sistema de integração lavoura-pecuária com 8 anos (milho-braquiária-feijão-algodão-soja) e SPD por 17 anos (girassol-milho-soja-milho). Os autores avaliariam a Ds e COT nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, e encontraram valores variando de 0,69 a 0,92 Mg m⁻³ para Ds e 18,09 a 55,87 g kg⁻¹ para COT (floresta), 0,89 a 0,97 Mg m⁻³ para Ds e 13,37 a 30,73 g kg⁻¹ para COT (pastagem) e 0,94 a 1,09 Mg m⁻³ para Ds e 11,70 a 28,11 g kg⁻¹ para COT (SPD). Em relação aos valores de Ds encontrados nas cinco áreas avaliadas (Tabela 1), nenhum desses valores de Ds são considerados restritivos ao desenvolvimento radicular. Em solos argilosos, Ds entre 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ são consideradas críticas, a partir das quais a resistência torna-se tão elevada que diminui ou impede o crescimento de raízes (Reichert *et al.*, 2003). Assim, apenas a camada de 10-20 cm da área de pastagem em SPC apresentou uma Ds crítica, com valor de 1,32 Mg m⁻³, porém sem apresentar diferenças estatísticas entre as áreas de milho SPD-27 anos pastagem perene (Tabela 1). Os valores de Ds encontrados nas áreas com SPD e SPC indicam que o uso do solo com gramíneas (milho, aveia e azevém) não está ocasionando compactação do solo, o que seria evidenciado por valores críticos de Ds, que são restritivos ao desenvolvimento radicular (Reichert *et al.*, 2003; Hamza & Anderson, 2005). As Ds encontradas em áreas de pastagem na camada de 20-40 cm mostram que na área com pastagem perene em SPD tem-se menor Ds em relação a área com pastagem anual em SPC. Como não foram encontradas

Tabela 1. Carbono orgânico total (COT), densidade do solo (Ds) e estoques de COT (ECOT) em diferentes camadas (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) e sistemas de uso do solo em uma propriedade rural em Guarujá do Sul, Santa Catarina, Brasil.

Áreas avaliadas	COT (g kg ⁻¹)	Ds (Mg m ⁻³)	ECOT (Mg ha ⁻¹)
0-5 cm			
Floresta Secundária	34,68 A	0,80 B	13,87 A
Milho SPD-3 anos	16,36 B	1,16 A	6,55 B
Milho SPD-27 anos	17,52 B	1,20 A	7,00 B
Pastagem anual SPC-2 anos	14,27 C	1,08 A	5,70 C
Pastagem perene SPD-1,6 anos	18,56 B	1,20 A	7,42 B
CV (%)	9,78	7,80	7,54
5-10 cm			
Floresta Secundária	32,36 A	0,89 B	14,40 A
Milho SPD-3 anos	15,20 B	1,26 A	6,78 B
Milho SPD-27 anos	16,00 B	1,28 A	7,12 B
Pastagem anual SPC-2 anos	15,20 B	1,20 A	6,76 B
Pastagem perene SPD-1,6 anos	15,54 B	1,17 A	6,91 B
CV (%)	9,73	7,53	6,11
10-20 cm			
Floresta Secundária	27,60 A	1,03 B	28,43 A
Milho SPD-3 anos	12,88 B	1,11 B	13,26 C
Milho SPD-27 anos	14,85 B	1,29 A	15,29 B
Pastagem anual SPC-2 anos	14,27 B	1,32 A	14,70 B
Pastagem perene SPD-1,6 anos	13,22 B	1,19 A	13,62 C
CV (%)	9,37	9,61	10,43
20-40 cm			
Floresta Secundária	21,23 A	0,96 B	40,76 A
Milho SPD-3 anos	11,60 B	1,12 A	22,27 C
Milho SPD-27 anos	13,92 B	1,20 A	26,72 B
Pastagem anual SPC-2 anos	12,18 B	1,28 A	23,38 C
Pastagem perene SPD-1,6 anos	12,64 B	1,06 B	24,27 B
CV (%)	14,38	9,37	12,01
Somatório dos ECOT - 0-40 cm			
Floresta Secundária		97,46 A	
Milho SPD-3 anos		48,84 D	
Milho SPD-27 anos		56,15 B	
Pastagem anual SPC-2 anos		50,55 D	
Pastagem perene SPD-1,6 anos		52,22 C	
CV (%)		9,54	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%. CV=coeficiente de variação.

diferenças para os teores de COT entre essas áreas e o uso anterior era o mesmo (cultivo de milho no SPD), as diferenças entre os valores de Ds podem ser devidos ao sistema radicular das pastagens somado ao efeito da adubação orgânica (cama de aviário), pois segundo Spera *et al.* (2009), os sistemas que incluem pastagens perenes apresentam menor Ds e maior porosidade total e macroporosidade em comparação aos sistemas compostos por pastagens anuais. Possivelmente na camada de 20-40 cm, as operações de preparo do solo (aração) no SPC desfavoreceu a parte física do solo devido à ruptura e quebra dos agregados do solo, o que pode diminuir a porosidade total e, conseqüentemente, aumentar a Ds do solo. Os maiores valores de COT e ECOT, assim como os menores valores de Ds, encontrados na área de floresta, independente da profundidade avaliada são explicados por se tratar de um sistema sem interferência antrópica, o que resulta em maiores quantidades de matéria orgânica devido ao constante aporte e acúmulo de resíduos vegetais (folhas, galhos e raízes), associados à sua qualidade (serapilheira mais lignificada), o que mantém o estado estável nas adições e perdas de COT (Urquiaga *et al.*, 2005). De acordo com Loss *et al.* (2006), os maiores conteúdos de COT na camada superficial (0-10 cm) de floresta secundária são decorrentes do maior aporte de material vegetal adicionado ao solo nesta camada e, conseqüentemente, aos organismos que atuam neste material. Segundo Dieleman *et al.* (2013), os maiores ECOT de áreas de floresta em relação a pastagens podem ser ainda maiores se corrigido o valor da ECOT para a Ds. Para as diferenças encontradas nas demais áreas avaliadas na camada de 0-5 cm, os menores teores de COT e ECOT na área com pastagem anual em relação as áreas

de pastagem perene, milho grão SPD e milho silagem SPD, podem ser decorrentes do preparo do solo em SPC na área de pastagem anual, diferente das demais áreas, onde foi utilizado o SPD. Apesar de a área de pastagem perene ser a mais recente, a ausência de diferenças em comparação às áreas de milho em SPD podem ser devido à influência da sobressemeadura realizada com aveia e azevém, fazendo com que a biomassa nessa pastagem aumentasse, gerando maiores teores de MOS. Nas áreas com milho silagem (SPD) e pastagem perene (SPD) na camada de 10-20 cm, as diferenças encontradas para os ECOT possivelmente estão relacionadas ao tempo de uso das áreas, ao manejo e à adubação orgânica em cada área. As áreas de milho silagem (SPD) e pastagem perene (SPD) são as áreas mais recentes. A área de pastagem anual (SPC), em comparação a milho silagem e pastagem perene, mostrou os maiores valores de ECOT devido ao preparo convencional do solo, pois os resíduos da aveia foram incorporados e homogeneizados no solo, causando os maiores ECOT em profundidade. As áreas avaliadas neste estudo têm diferentes idades e manejos, o que gera diferentes aportes e quantidades de resíduos vegetais oriundos de cada cultura. A baixa quantidade de resíduos de plantas, associada às condições climáticas (verão quente e úmido), pode ter gerado um aumento de decomposição destes resíduos e na velocidade das reações químicas no solo, com rápida mineralização da MOS (Loss *et al.*, 2009), gerando diferentes teores de ECOT em cada área, como os encontrados na profundidade de 10-20 e 20-40 cm. Resultados semelhantes ao deste estudo foram encontrados por Loss *et al.* (2010). Os autores avaliaram os estoques de COT em áreas com produção de berinjela/milho

em SPD e milho/feijão em SPC, utilizando adubação orgânica com esterco de aviário e/ou bovino. Os autores encontraram maiores ECOT em SPD na camada de 0-5 cm, sendo 9,8 e 9,1 Mg ha⁻¹, respectivamente para SPD e SPC. E na profundidade de 5-10 cm não foram encontradas diferenças entre SPD e SPC (7,1 e 7,2 Mg ha⁻¹, respectivamente para SPD e SPC), concluindo que o uso do SPC ocasionou uma homogeneização dos teores de COT em profundidade. Na camada de 20-40 cm, assim como no somatório dos ECOT (0-40 cm), é possível observar que as diferenças encontradas refletem o tempo de uso dos sistemas nas áreas em SPD, assim como reflete o manejo nas áreas de pastagem (SPC x SPD). No cultivo de milho no SPD fica evidente o efeito do tempo, ou seja, quanto maior o tempo de deposição de resíduos vegetais sobre o solo associado a ausência de revolvimento solo, tem-se aumento dos ECOT. Estes resultados são corroborados por Guareschi *et al.* (2012), que avaliaram os atributos físicos do solo e os ECOT em áreas de SPD com soja/milho com diferentes idades: SPD com 3, 15 e 20 anos. Os autores encontraram maiores ECOT nas áreas de SPD com 15 e 20 anos nas camadas de 10-20 cm e 0-20 cm, assim como também encontraram maiores valores de porosidade total do solo no SPD 20 anos em relação ao SPD 15 e SPD 3 anos. Em relação às áreas de pastagem, verifica-se que o SPC com a pastagem sendo manejada anualmente acarretou em menores valores de ECOT, demonstrando que as operações de aração e gradagem possivelmente ocasionaram a ruptura dos agregados do solo, com posterior aumento de perdas de carbono via CO₂. Além disso, na pastagem perene tem-se uma constante rizodeposição via presença permanente do sistema radicular das gramíneas, o que também favorece a maior adição de carbono ao solo e consequente aumento dos ECOT.

Conclusões

A área de floresta secundária, considerada como referência e sem manejo do solo, apresentou os menores valores de Ds (0-10 cm) e os maiores ECOT na camada de 0-40 cm (97,46 Mg ha⁻¹), sendo superiores às demais áreas avaliadas. Dentre os sistemas de uso do solo avaliados, a área com maior tempo de uso do SPD (milho SPD-27 anos) apresentou os maiores ECOT em comparação às demais áreas, com valores de 56,15 Mg ha⁻¹ em comparação à pastagem perene (52,22 Mg ha⁻¹), pastagem anual (50,55 Mg ha⁻¹) e ao milho SPD-3 anos (48,84 Mg ha⁻¹) para a camada de 0-40 cm. A pastagem perene manejada em SPD por 1,6 anos diminuiu os valores de Ds na camada de 20-40 cm e aumentou os ECOT nas camadas de 0-5, 20-40 e 0-40 cm em comparação à pastagem anual manejada em SPC por 2 anos. A área de pastagem anual manejada em SPC por 2 anos apresentou menores teores de COT e ECOT na camada superficial do solo quando comparada às demais áreas avaliadas.

REFERÊNCIAS

- Aragón, A.; García, M.G.; Filgueira, R.R. & Pachepsky, Y.A.A. 2000. Maximum compactability of argentine soils from the proctor test; the relationship with organic carbon and water content. *Soil & Tillage Research*, v. 56, p. 197-204.
- Braida, J.A.; Reichert, J.M.; Veiga, M.; Reinert, D.J. 2006. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 605-614.
- Braida, J.A.; Bayer, C.; Albuquerque, A.; Reichert, J.M. 2011. Matéria Orgânica e Seu Efeito na Física do Solo. In: Klauber Filho, O. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 221-278.
- Bayer, C., C.A. Bissani & J.A. Zanatta. 2009. Química de solos em plantio direto. In: Fontoura, S.M.V. & C. Bayer (Org.). Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. 2ed. Guarapuava: Midiograf, p. 7-30.
- Beare, M.H., P.F. Hendrix & D.C. Coleman. 1994. Water-Stable Aggregates and Organic Matter Fractions in Conventional- and No-Tillage Soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58 p. 777-786.
- Boddey, R., C.P. Jantalia, P.C.E. Conceição, J.A. Zanatta, J. Mielniczuk, J. Dieckow, H.P. Santos, J.É. Denardin, S.J. Giacomini, S.C.S. Urquiaga & B.J.R. Alves. 2010. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*, v. 16, p. 784-795.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. 2004. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul, 400p.
- Deng, L., G. Zhu, Z. Tang & Z. Shanguan. 2016. Global patterns of the effects of land-use changes on soil carbon stocks. *Global Ecology and Conservation*, v. 5, p. 127-138.
- Dieleman, W.I.J., M. Venter, A. Ramachandra, A.K. Krockenberger & M.I. Bird. 2013. Soil carbon stocks vary predictably with altitude in tropical forests: Implications for soil carbon storage. *Geoderma*, v. 204, p. 59-67.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de Métodos de análise de solo. 2a ed. Rio de Janeiro, 212p.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Sistema de Classificação de Solos. 3ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 353p.
- Ferreira, D.F. 2014. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112.
- Guareschi, R.F.; Pereira, M.G.; Perin, 2012. A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 909-920.
- Hamza, M.A. & W.K. Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems: are view of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*, v. 82, p. 121-145.
- Loss, A., M.G. Pereira & R.J. Brito. 2006. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. *Universidade Rural. Série Ciências da Vida*, v. 26, p. 57-69.
- Loss, A., M.G. Pereira, N. Schultz, L.C.A. Anjos & E.M.R. Silva. 2009. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1067-1072.
- Loss, A., M.G. Pereira, N. Schultz, L.C.A. Anjos & E.M.R. Silva. 2010. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. *Bragantia*, v. 69, p. 913-922.
- Loss, A., M.G. Pereira, S.J. Beutler, A. Perin & L.C.A. Anjos. 2012. Densidade e fertilidade do solo sob sistemas plantio direto e integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Revista de Ciências Agrárias* v. 55, p. 260-268.

- Loss, A., E.M. Costa, M.G. Pereira & S.J. Beutler. 2014. Agregação, matéria orgânica leve e carbono mineralizável em agregados do solo. *Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata)*, v. 113, p. 01-08.
- Klein, R.M. Flora Ilustrada Catarinense: Mapa Fitogeográfico Do Estado De Santa Catarina. 1978. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, V Parte - mapa fitogeográfico. 24p.
- Machado, L.N.; Loss, A.; Bacic, I.L.Z.; Dortzsch, D.; Lalane, H.C. 2017. Avaliação do potencial agrícola e conflitos de uso das terras na microbacia Lajeado Pessegueiro, Santa Catarina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 16, p. 308-323.
- Raij, B.V. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420p.
- Rangel, O.J.P. & C.A. Silva. 2007. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1609-1623.
- Reichert, J.M., D.J. Reinert & J.A. Braida. 2003. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência Ambiental*, v. 27, p. 29-48.
- Richards, A.E., R.C. Dalal & S. Schmidt. 2007. Soil carbon turnover and sequestration in native subtropical tree plantations. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 39, p. 2078-2090.
- Roscoe, R., R.M. Boddey & J.C. Salton. 2006. Sistema de Manejo e Matéria Orgânica do Solo. Dinâmica da matéria orgânica do solo. Embrapa: Dourados. 281p.
- Rocha, I.O. 2014. Secretaria de Estado do Planejamento. Atlas de Santa Catarina: Diversidade da Natureza. Fascículo 2. Florianópolis: Editora UDESC. 188p
- Rossetti, K.V. & J.F. Centurion. 2015. Estoque de carbono e atributos físicos de um Latossolo em cronosequência sob diferentes manejos. *Agriambi*, v. 19, p. 252-258.
- Santa Catarina - Subchefia de Estatística, Geografia e Informática do Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. 1986. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 173p.
- Silva, L.C. & C.A. Bortoluzzi. 1987. Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, Escala 1:5000.000: texto explicativo. Florianópolis: DNPM 11º Distrito/Secr. Ciênc. Tecnol., Minas e Energia-Coordenadoria de Recursos Minerais.
- Sisti, C.P.J., Santos, H.P., Kohhann, R., Alves, B.J.R., Urquiaga S., Boddey R. M. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil less than 13 years of convention al or zero tillage in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 76, p. 39-58. 50.
- Six J., Bossuyt H., De Gryze S., Deneff K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research*, v. 79, p. 7-31
- Spera, S.T.; Santos, H.P.; Fontaneli, R.S.; Tomm, G.O. 2009. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 129-136.
- Stone, L.F. & P.M. Silveira. 2001. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na propriedade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 395-401.
- Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2006. 2nd ed. Washington, DC: US Government Printing Office.
- Tavares, U.E.; Rolim, M.M.; Pedrosa, E.M.R.; Montenegro, A.A.A.; Magalhães, A.A.G.; Barreto, M.T.L. 2012. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p. 1206-1214.
- Thomé, V.M.R., S. Zampieri, H.J. Braga, C. Panfolfo, V.P. Silva Júnior, I.L.Z. Bacic, J. Laus Neto, D. Soldateli, J.D. Ore, L. Echeverria, M. Mattos & P.P. Suski. 1999. Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Epagri, CD-ROM.
- Tormena, C.A., G. Roloff & J.C.M. Sá. 1998. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p.301-309.
- Urquiaga, S., C.P. Jantalia, L. Zotarelli, B.J.R. Alves & R.M. Boddey. 2005. Manejo de sistemas agrícolas para o sequestro de carbono no solo. In: Aquino, A.M. & R.L. Assis (Org.). *Conhecimentos e técnicas avançadas para o estudo dos processos da biota no sistema solo-planta*. Brasília: Embrapa, pp. 257-273.
- Zinn, Y.L.R. Lal & D.V.S. Resck. 2005. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 84, p.28-40.
