



Teores de carbono e nitrogênio do solo em um sistema integrado de produção agropecuária

Diego Cecagno⁽¹⁾; Sérgio Ely Valadão Gigante de Andrade Costa⁽²⁾; Amanda Posselt Martins⁽²⁾; Ibanor Anghinoni⁽³⁾; Cimelio Bayer⁽³⁾; Paulo César de Faccio Carvalho⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudante de mestrado; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS; dcecagno@hotmail.com. ⁽²⁾ Estudante de doutorado; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; sergioelycosta2011@hotmail.com; amandaposselt@gmail.com. ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ibanghi@ufrgs.br; cimelio.bayer@ufrgs.br; paulocfc@ufrgs.br.

RESUMO: A matéria orgânica do solo é de suma importância em solos subtropicais, sendo a principal fonte de reserva de nutrientes para as plantas. O carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) são os principais componentes da matéria orgânica. O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de carbono orgânico e nitrogênio total em um sistema integrado de produção de soja e bovinos de corte submetidos a diferentes intensidades de pastejo. O trabalho foi desenvolvido em experimento em execução no município de São Miguel das Missões, RS, Região Sul do Brasil. Os tratamentos avaliados consistiram de diferentes intensidades de pastejo, reguladas pela altura de manejo do pasto, sendo: 10, 20, 30 e 40 cm, além de áreas sem pastejo. O solo, para avaliação dos teores de COT e NT, foi coletado na camada de 0-20 cm após a colheita da soja (maio de 2014). Também foi coletado solo em uma área de mata nativa. Não houve diferença entre os tratamentos, quanto à relação C/N dos tratamentos, onde em todos os tratamentos houve um acréscimo nessa relação com a profundidade. Os teores de carbono e nitrogênio decrescem em profundidade, independentemente da intensidade de pastejo. Abaixo de 15 cm de profundidade não há mais influência do sistema de manejo, independentemente da presença do animal.

Termos de indexação: matéria orgânica, intensidade de pastejo, integração lavoura-pecuária.

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica tem grande importância na qualidade química, física e biológica do solo (Silva & Resck, 1997), constituindo-se num componente fundamental do potencial produtivo do solo. Seu teor no solo varia de 0,1% em solos de deserto até mais de 50% em Organossolos (Brun, 2008). A presença de matéria orgânica nos solos é de grande importância, uma vez que é o principal agente gerador de cargas elétricas negativas em solos já formados. Em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica rege a capacidade do solo em reter, complexar e disponibilizar nutrientes para as plantas, além de ser responsável por cerca de 70% da CTC em solos de carga variável (Pavan et al.,

1985). É responsável pela retenção de nutrientes e água, pela agregação do solo, além de servir de substrato e contribuir para a manutenção da diversidade biológica do solo (Silva et al., 2004).

Dentre os compostos que compõe a matéria orgânica, o COT é o elemento predominante, correspondendo a 58%, em base de massa. Estima-se que 5% do carbono (C) terrestre esteja contido no solo, totalizando cerca de 2.500 Pg (Dieckow et al., 2004). Essa quantidade é ínfima, quando comparada aos 38.000 Pg contida na hidrosfera, mas tem um potencial de mudança muito maior. Sendo assim, o solo se destaca no ciclo do C como o principal compartimento terrestre, armazenando de duas a cinco vezes mais C do que a atmosfera (Eswaran et al., 1993).

O C e o nitrogênio (N) possuem uma estreita associação, onde ambos passam por ciclos de acoplamento e desacoplamento. Quando o N é absorvido pelas raízes, é acoplado ao C em uma alta relação C/N. O desacoplamento ocorre na decomposição dos resíduos, quando há uma redução na relação C/N, a fim de se tornar mais próxima à dos microrganismos (Soussana & Lemaire, 2014). Sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), ao inserirem o animal no sistema, aumentam a ciclagem e reciclagem do N, por aumentarem os ciclos de acoplamento e desacoplamento (Assmann, 2013). O pastejo irá aumentar o desacoplamento, visto que cerca de 80% do N excretado pelo animal retorna ao solo via urina, e apenas 20% permanece acoplado ao C e é excretado via fezes (Soussana & Lemaire, 2014).

Em solos em condição natural os estoques de C e N estão estáveis, se mantendo inalterados, em um equilíbrio dinâmico (Brun, 2008). No entanto, após uma mudança no uso da terra, a taxa de perda de carbono é maior do que a de acúmulo (Soussana et al., 2004). Fatores como distúrbio do solo, degradação da vegetação, fogo, erosão, escassez de nutrientes e déficit hídrico podem levar a uma rápida perda de COT (Soussana & Lemaire, 2014). Em condições de clima tropical e subtropical, devido à alta temperatura e umidade, o acúmulo de carbono é ainda mais dificultado. Para conseguir aportar ao solo a quantidade de resíduos necessária para manter os teores de COT do solo, ou



sequestrar carbono, é necessário que se faça uso de culturas que produzam grande quantidade de biomassa, para que o aporte de C seja maior do que as perdas por oxidação microbiana, erosão e lixiviação. Nesse sentido, pastagens oferecem maior acúmulo do que áreas com culturas anuais. Ao converter áreas agrícolas em pastagens, pelo período de 20 anos, em clima úmido, Conant et al. (2001) encontraram uma recuperação de 18% em relação aos estoques de COT nativos. Com o advento do sistema plantio direto (SPD), solos já degradados têm retornado a valores próximos ou até maiores do que os originais (Conceição et al., 2005), sendo uma das principais estratégias de manejo conservacionistas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de carbono orgânico e nitrogênio total em um sistema integrado de produção de soja e bovinos de corte submetidos a diferentes intensidades de pastejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em um experimento que vem sendo conduzido desde maio de 2001 no município de São Miguel das Missões, no estado do Rio Grande do Sul – Brasil. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa. Antes do início do experimento a área vinha sendo cultivada em SPD desde 1993, com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) no inverno e soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no verão. No inverno do ano de 2000 a área foi utilizada para o pastejo de animais pela primeira vez. No outono de 2001, após a colheita da soja, foi iniciado o experimento com estabelecimento da pastagem de aveia preta + azevém (*Lolium multiflorum* Lam.).

Os tratamentos constam de diferentes alturas de manejo do pasto: 10, 20, 30 e 40 cm, além de parcelas sem pastejo. As alturas de pastejo são distribuídas num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Tem-se utilizado bovinos jovens, com idade ao redor de 12 meses em pastejo contínuo. Geralmente, os animais entram na área quando a pastagem atinge um acúmulo médio em torno de 1500 kg de massa seca ha⁻¹. De uma forma geral, os animais iniciam o ciclo de pastejo em julho e permanecem na área até novembro. Em torno de 45 dias após a semeadura da pastagem é realizada uma adubação nitrogenada de cobertura, com dose variando de 45 a 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia.

Para o presente trabalho, foi realizada coleta de solo após treze anos da implantação do experimento. A amostragem foi feita após a colheita da soja (maio) da safra agrícola de 2013/2014, nas

camadas de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, utilizando pá de corte. As amostras foram compostas por seis subamostras dentro de cada parcela. Também foi amostrada uma área de mata nativa. Após, foram levadas para o Laboratório de Pesquisa em Fertilidade do Solo – UFRGS, para secagem a 40 °C, retirada de raízes e resíduos e, por fim, moagem em almofariz. As amostras moídas foram enviadas para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria e analisadas por combustão seca em aparelho analisador elementar Analyser Organic Elementar Flash 2000. A fim de comparações, foi utilizado solo coletado no início do experimento (Souza et al., 2009).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativa ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$). O seguinte modelo estatístico foi utilizado na ANOVA:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \text{Erro a (ij)} + C_k + \text{Erro b (ik)} \\ + T_j C_k + \text{Erro c (ijk)}$$

Onde: μ = média geral do experimento; B = bloco ($i = 1, 2, 3$); T = tratamentos (intensidades de pastejo, mata e condição inicial) ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$); C = camada de solo ($k = 1, 2, 3, 4$) e Erro = erro experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de COT na condição inicial, nos tratamentos de pastejo e na mata decrescem em profundidade no solo ($p < 0,05$) (**Tabela 1**). Esse processo ocorre mais acentuadamente em solos em plantio direto, devido ao fato de que os resíduos aportados em superfície não são incorporados ao solo (Briedis et al., 2012). O pastejo a 10 cm, apesar de ter baixo aporte de resíduos (Assmann et al., 2014), manteve os teores de COT nas camadas mais superficiais (0-10 cm) semelhantes às demais intensidades de pastejo (**Tabela 1**). Isso pode ser devido à maior compactação superficial do solo (Costa, 2014), que é considerada, segundo Deurer et al. (2012), como um mecanismo de proteção extra da matéria orgânica. A mata apresenta teores de COT superiores à condição inicial e aos tratamentos de pastejo em todas as camadas ($p < 0,05$) (**Tabela 1**). O pastejo a 40 cm de altura do pasto apresenta um perfil mais homogêneo que os demais. Assim, possuiu o menor teor na camada de 0-5 cm, mas se igualou à mata na camada de 5-10 cm ($p < 0,05$). Mesmo que não haja diferença entre os teores de COT, pode estar havendo uma distribuição relativa das suas frações (e reservatórios funcionais) de forma diferenciada,



interferindo na qualidade do solo (Roscoe et al., 2006).

Era de se esperar que, quanto menos resíduo fosse aportado em superfície, menor seriam os teores de COT, principalmente na camada mais superficial (Conceição et al., 2013). Isso seria devido tanto à menor adição, quanto às maiores temperaturas encontradas em solo parcialmente descoberto (Belan et al., 2013). A maior temperatura aumenta a taxa de mineralização da MOS, decrescendo os estoques de COT do solo. No entanto, isso não ocorreu. Apesar de o pastejo a 10 cm apresentar o menor aporte de C ao solo (Assmann et al., 2014), os seus teores de COT são semelhantes às outras alturas de manejo de pasto (**Tabela 1**).

Assim como os teores de COT, os teores de NT também decresceram em profundidade ($p < 0,05$) (**Tabela 1**). Novamente, o pastejo a 40 cm se igualou à mata na camada de 5-10 cm ($p < 0,05$). Não houve uma diferença entre a condição inicial, de 2001, com os teores atuais, no solo. Isso se deve à adição de resíduos ao solo não ser muito alta (Assmann et al., 2014).

Apesar dos teores de COT e NT decrescerem em profundidade, o NT diminui com mais intensidade, como demonstra a maior relação C/N ($p < 0,05$) (**Tabela 1**). A menor relação C/N em superfície (0-10 cm) pode ser devido à maior presença de raízes de soja nessa camada (Maria et al., 1999). Isto, porque no final do ciclo dessa cultura, os nódulos (ricos em N) são rapidamente decompostos. Albuquerque et al. (2015), independentemente do tratamento avaliado, encontraram um aumento na relação C/N com a profundidade.

A intensidade de pastejo não afeta a relação C/N ($p > 0,05$), uma vez que ocorre acoplamento de C e N e acúmulo conjunto de ambos, cabendo aos animais fazerem o desacoplamento desses nutrientes, excretando, predominantemente, C via fezes e N via urina (Soussana & Lemaire, 2014). Foi verificado por Assmann et al. (2014), no presente experimento, que mais de 60% do N que é ciclado durante o pastejo mais intenso (10 cm) é excretado na forma de urina, que pode ser facilmente perdido por volatilização, desnitrificação, lixiviação e escoamento superficial (Oenema et al., 2005).

CONCLUSÕES

Os teores de carbono e nitrogênio decrescem em profundidade, independentemente da intensidade de pastejo.

Abaixo de 10 cm de profundidade não há mais influência do sistema de manejo, independentemente da presença do animal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa de mestrado; e à Fundação AGRISUS pelo apoio a esta participação no XXXV CBCS, e pelos apoios que já vêm concedendo ao Grupo de Pesquisa em Integração Lavoura-Pecuária da UFRGS.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. A. et al. Carbon and nitrogen in a Ferralsol under zero-tillage rotations based on cover, cash or hay crops. *Soil Use and Management*, 31:1-9, 2015.

ASSMANN, J.M. et al. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in Southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190:52-59, 2014.

ASSMANN, J.M. Estoque de carbono e nitrogênio no solo e ciclagem de nutrientes em sistema de integração soja-bovinos de corte em plantio direto de longa duração [Tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

BELAN, L. L. et al. Dinâmica entre temperaturas do ar e do solo sob duas condições de cobertura. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais*, 11:147-154, 2013.

BRIEDIS, C. et al. Particulate soil organic carbon and stratification ratio increases in response to crop residue decomposition under no-till. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:1483-1490, 2012.

BRUN, E.J. Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus Taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul [Tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; ELIOTT, E. T. Impacts of periodic management and conversion into grasslands: effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11:343-355, 2001.

CONCEIÇÃO, P. C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. *Soil & Tillage Research*, 129:40-47, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:777-788, 2005.

COSTA, S. E. V. G. A. Intervalo hídrico ótimo no solo e estado hídrico das plantas em sistema de integração



lavoura-pecuária em plantio direto [Tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

DEURER, M. et al. Can minor compaction increase soil carbon sequestration? A case study in a soil under a wheel-track in an orchard. *Geoderma*, 183-184:74-79, 2012.

DIECKOW, J. et al. Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 17 p.

ESWARAN, H.; VAN DEN BERG, E.; REICH, P. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal*, 57:192-194, 1993.

MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:703-709, 1999.

OENEMA, O. et al. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 72:51-65, 2005.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Paraná, Brazil. *Turrialba*, 35:131-139, 1985.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.;

MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 17-42.

SILVA, J. E. & RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: Embrapa-CNPAC, 1997. p. 467-524.

SILVA, I. R. et al. Manejo de resíduos e matéria orgânica do solo em plantações de eucalipto: uma questão estratégica para a manutenção da sustentabilidade. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Boletim Informativo*, 29:10-20, 2004.

SOUSSANA, J. F. & LEMAIRE, G. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190:9-17, 2014.

SOUSSANA, J. F. et al. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management*, 20:219-230, 2004.

SOUZA, E. D. et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1829-1836, 2009.

Tabela 1. Teores de carbono orgânico e nitrogênio total, e relação C/N, em um sistema integrado de produção de soja e gado de corte, submetido a diferentes intensidades de pastejo.

Atributo	Camada	Em 2001	Altura de manejo do pasto				Sem pastejo	Mata ⁽¹⁾	Média
			10 cm	20 cm	30 cm	40 cm			
	--- cm ---		g kg ⁻¹						
Carbono orgânico total	0 - 5	28,2 aBC	27,4 aBC	28,6 aBC	30,0 aBC	27,0 aC	31,8 aB	41,9 aA	30,4
	5 - 10	19,4 bC	21,0 bBC	20,0 bBC	21,2 bBC	22,9 bAB	19,6 bBC	25,6 bA	21,4
	10 - 15	16,2 cB	15,2 cB	16,0 cB	16,4 cB	17,4 cB	16,5 bcB	22,0 cA	17,1
	15 - 20	15,1 cB	15,1 cB	15,1 cB	15,3 cB	15,5 cB	14,6 cB	19,1 cA	15,7
Nitrogênio total	0 - 5	2,53 aC	2,45 aC	2,61 aBC	2,72 aBC	2,46 aC	2,97 aB	3,96 aA	2,79
	5 - 10	1,74 bC	1,88 bB	1,82 bBC	1,90 bBC	2,08 bAB	1,81 bBC	2,36 bA	1,94
	10 - 15	1,38 cB	1,28 cB	1,38 cB	1,41 cB	1,52 cB	1,41 cB	1,91 cA	1,47
	15 - 20	1,25 cB	1,23 cB	1,24 cB	1,25 cB	1,29 cB	1,22 cB	1,60 dA	1,30
Relação C/N	0 - 5	11,2	11,1	10,9	11,0	10,9	10,7	10,6	11,0 c
	5 - 10	11,1	11,1	11,0	11,1	11,0	10,8	10,9	11,0 c
	10 - 15	11,7	11,9	11,6	11,7	11,5	11,7	11,5	11,7 b
	15 - 20	12,1	12,3	12,2	12,3	12,0	12,1	12,0	12,1 a
	0 - 20	11,5 A	11,6 A	11,4 A	11,5 A	11,4 A	11,3 A	11,2 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).