

Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal

Evaldo Luis Cardoso⁽¹⁾, Marx Leandro Naves Silva⁽²⁾, Carlos Alberto Silva⁽²⁾, Nilton Curi⁽²⁾
e Diego Antônio França de Freitas⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Pantanal, Caixa Postal 109, CEP 79320-900 Corumbá, MS. E-mail: evaldo@cpap.embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: marx@dcs.ufla.br, niltcuri@dcs.ufla.br, csilva@dcs.ufla.br, diego_ufla@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da conversão da floresta nativa em pastagem cultivada, e exposição da pastagem nativa ao sistema de pastejo contínuo, sobre os estoques de C e N no solo, em ecossistemas naturais do Pantanal. Foram avaliados três remanescentes de floresta nativa, três áreas de pastagens de *Urochloa decumbens* com diferentes idades de formação, e uma pastagem nativa submetida ao sistema de pastejo contínuo e sem pastejo, por 3 e 19 anos. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–40 cm, com três repetições. A conversão de florestas em pastagens promoveu redução nos estoques de carbono orgânico e carbono microbiano no solo, principalmente nas pastagens cultivadas há mais tempo. Contudo, não houve alteração nos estoques de nitrogênio total. As perdas nos estoques de carbono ocorreram nas três frações húmicas, mas, proporcionalmente, as maiores perdas ocorreram nas frações ácidos húmicos e fúlvicos. As pastagens cultivadas e nativas, sob pastejo contínuo, não são capazes de acumular mais carbono no solo do que os ecossistemas naturais.

Termos para indexação: desmatamento, sequestro de carbono, substâncias húmicas, várzeas.

Carbon and nitrogen stocks in soil in native forests and pasture in the Pantanal biome, Brazil

Abstract – The objective of this work was to evaluate the impact of the conversion of native forests into cultivated pasture, and exposure of native pasture to continuous grazing, on the C and N stocks in the soil, in the Brazilian Pantanal wetlands. Three remnants of native forest, three areas with *Urochloa decumbens* pastures at different ages of formation, and one native pasture submitted to continuous grazing and without grazing for 3 and 19 years were evaluated. Soil samples were collected at 0–10, 10–20 and 20–40 cm depths, with three replications. The conversion of native forests into pastures promoted reduction of organic carbon and microbial carbon stocks in the soil, mainly in cultivated pastures with longer implantation time. However, no alteration in the total N stocks was observed. Carbon stock losses occurred in the three humic fractions but, proportionally, the main losses occurred in the humic and fulvic acid fractions. Cultivated and native pastures under continuous grazing are not capable of accumulating more C in the soil than the natural ecosystems.

Index terms: deforestation, soil carbon sequestration, humic substances, wetlands.

Introdução

No âmbito das mudanças climáticas globais, o solo e suas diferentes formas de uso e manejo estão em foco (Costa et al., 2008), sobretudo porque o solo é considerado fonte ou sumidouro de CO₂ atmosférico (Carvalho et al., 2009), dependendo do manejo adotado.

A matéria orgânica do solo (MOS) faz parte de um equilíbrio dos ciclos do carbono (C) e do nitrogênio (N), e seu conteúdo encontra-se estável em solos sob

vegetação natural (Bortolon et al., 2009). Quando ecossistemas nativos são alterados por atividades antrópicas, o equilíbrio dinâmico é quebrado e, normalmente, as entradas de C são menores do que as saídas, o que conduz à redução da quantidade e modificação da qualidade da MOS (Cerri et al., 2008). Vários fatores, entre os quais textura do solo, vegetação original, tipo e manejo do solo, clima e, principalmente, a quantidade e qualidade dos resíduos vegetais (Silva et al., 2004; Carvalho et al., 2009; Costa et al., 2009; Maia et al., 2009), têm sido apontados como

controladores da magnitude e velocidade das mudanças nos teores e qualidade da MOS.

As mudanças no conteúdo de C no solo comumente resultam em alterações concomitantes de N, e o manejo das pastagens pode ter implicações significativas no C global e na ciclagem de N (Conant et al., 2005). Estudos realizados em pastagens no Brasil têm mostrado diferentes respostas para C e N no solo, de acordo com as práticas de manejo adotadas. Na região do Cerrado, as pastagens implantadas em substituição à vegetação nativa promovem a manutenção dos estoques de MOS, e aquelas submetidas a boas práticas de manejo, às vezes, permitem maior estocagem de C no solo do que sob a vegetação original (Roscoe et al., 2006).

Segundo Silva et al., (2004), em geral, as pastagens brasileiras possuem histórico de manejo inadequado, caracterizado por baixas adubações de estabelecimento e de manutenção, aliadas a altas taxas de lotação, condições que não contribuem para aumentar o acúmulo de C no solo.

Ainda não existem dados conclusivos a respeito da quantidade de C que é liberada com a substituição de mata nativa por pastagens, nem mesmo sobre a quantidade de C que é mantida nos diversos compartimentos desse novo ambiente, no solo (Costa et al., 2009).

Embora a dinâmica e a qualidade da MOS sejam amplamente estudadas nos solos brasileiros, especialmente no Cerrado, ainda são escassos os resultados gerados em outros importantes biomas. Especificamente no Pantanal, cujas florestas nativas estão estabelecidas em solos de baixa fertilidade natural e têm sua manutenção fortemente associada ao equilíbrio entre a cobertura vegetal e os processos biogeoquímicos do solo (Cardoso et al., 2009), a avaliação de alterações nos estoques de C e N, decorrentes de intervenções antrópicas em ecossistemas naturais, assume importante papel no monitoramento da conservação ambiental.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da conversão da floresta nativa em pastagem cultivada, e exposição da pastagem nativa ao sistema de pastejo contínuo, sobre os estoques de C e N no solo, em ecossistemas naturais do Pantanal.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em duas propriedades localizadas no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Os ecossistemas em estudo foram representados

por: três remanescentes de florestas nativas; três pastagens cultivadas com diferentes idades de formação, implantadas em substituição às florestas nativas; e uma pastagem nativa, caracterizada pela predominância de *Mesosetum chaseae* Luces e *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhlm., com ausência de pastejo ou submetida a pastejo contínuo por 3 e 19 anos.

Esses ecossistemas foram caracterizados da seguinte maneira: FN, remanescente de floresta semidecídua (18°34'57"S e 55°50'52"W), caracterizada pela ocorrência de 24 diferentes espécies com altura média de 12,4 m e diâmetro médio de 27,0 cm, em que *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng (acuri), *Rhamnidium elaeocarpum* Reissek (cabrito) e *Astronium graveolens* Jacq. (gonçalo) destacam-se como mais abundantes; PC27, pastagem cultivada de *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (Syn. *Brachiaria decumbens*, Stapf) com 27 anos de formação, implantada em substituição e contígua à FN; CE1, remanescente de cerradão (18°33'11"S e 55°48'41"W), caracterizado pela ocorrência de 30 diferentes espécies, com altura média de 11,7 m e diâmetro médio de 15,8 cm, em que *Qualea grandiflora* Mart. (pau-terra-macho), *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequi), *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. (mangava-brava) se destacam como mais abundantes; PC26, pastagem cultivada de *Urochloa decumbens* com 26 anos de formação, implantada em substituição e contígua ao CE1; CE2, remanescente de cerradão (18°59'57"S e 56°38'10"W), caracterizado pela ocorrência de 43 diferentes espécies, com altura média de 7,5 m e diâmetro médio de 12,4 cm, em que *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum. (marmelada), *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (almecega) e *Zanthoxylum rigidum* Humb. & Bonpl. ex Willd. (maminha) destacam-se como mais abundantes; PC11, pastagem cultivada de *Urochloa decumbens* com 11 anos de formação, implantada em substituição e contígua ao CE2; PNv19, pastagem nativa sem pastejo por 19 anos (18°58'42"S e 56°37'00"W), área de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN); PNpc, pastagem nativa submetida ao sistema de pastejo contínuo (18°59'25"S e 56°38'43"W); PNv3, pastagem nativa sem pastejo por três anos (18°59'57"S e 56°38'01"W). As florestas nativas encontravam-se livres de inundação e a pastagem nativa somente era inundada em cheias de grande proporção. A caracterização fitossociológica das áreas florestadas encontra-se em Salis (2004).

O solo dos ecossistemas de estudo foi classificado como Neossolo Quartzarênico órtico (Santos et al., 2006),

enquadrado na classe textural arenosa, e com lençol freático, na época seca, à profundidade superior a 3,5 e 2,0 m nas áreas florestadas e na pastagem nativa, respectivamente. As pastagens cultivadas e nativas eram manejadas sem correção da acidez do solo e sem qualquer tipo de adubação. Diferentemente das nativas, as pastagens cultivadas permaneceram por algum período durante o ano vedadas ao pastejo. A lotação animal, dependendo da intensidade e duração do período de cheia, variou de 0,8 a 1,0 UA ha⁻¹ (Unidade Animal ha⁻¹) na pastagem cultivada, e 0,2 a 0,5 UA ha⁻¹ na pastagem nativa.

A amostragem do solo, realizada em outubro de 2006, consistiu de coleta de amostras deformadas, compostas de cinco subamostras, e indeformadas, conduzidas aleatoriamente em cada ecossistema, nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–40 cm, com três repetições. As amostras indeformadas, coletadas em anéis de volume conhecido, foram utilizadas para determinação da densidade do solo (Claessen, 1997), que foi empregada no cálculo dos estoques de C e N no solo. As amostras deformadas foram secas ao ar, passadas em peneiras de malha de 2 mm de diâmetro e encaminhadas ao laboratório para análises químicas.

O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método de oxidação por via úmida, com aquecimento externo, conforme Yeomans & Bremner (1988). O fracionamento químico das substâncias húmicas foi realizado conforme método descrito por Benites et al. (2003), com base na solubilidade diferenciada das substâncias húmicas em meios alcalino e ácido, tendo sido determinados os teores de C associados às frações ácidos húmicos (C-FAH), ácidos fúlvicos (C-FAF) e humina (C-HU). O fracionamento químico das substâncias húmicas foi realizado somente nas amostras coletadas nas profundidades de 0–10 e 10–20 cm. O carbono da biomassa microbiana (C_{mic}) foi determinado pelo método da fumigação-extração (Vance et al., 1987), que consiste na extração do C_{mic} após a aplicação de clorofórmio às amostras, o que acarreta morte dos microrganismos e liberação dos componentes celulares. Os teores de N total no solo foram quantificados por destilação, pelo método de Kjeldhal (Bremner, 1996).

Os estoques de C e N no solo foram calculados pela seguinte fórmula: estoque de C ou N total (Mg ha⁻¹) = [teor de C ou N total (g kg⁻¹) x densidade do solo (kg dm⁻³) x espessura da camada de solo (cm)]/10. Nos ecossistemas submetidos à intervenção antrópica (PC27, PC26, PC11, PN_{pc}, PN_{v3}), adotou-se o mesmo

valor de densidade do solo determinado no respectivo ecossistema natural (FN, CE1, CE2 e PN_{v19}), de modo a evitar que a compactação do solo nos ecossistemas de pastagens, causada pelo pisoteio dos animais, resultasse em maiores valores de estoque. Procedimento semelhante tem sido adotado em outros trabalhos dessa natureza (Carvalho et al., 2009; Costa et al., 2009; Pultronik et al., 2009; Souza et al., 2009).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, tendo-se adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, conforme os procedimentos do Sisvar (Ferreira, 2008). As comparações para verificação do efeito da conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e da submissão da pastagem nativa ao pastejo contínuo foram realizadas por meio de contrastes ortogonais, a partir do desdobramento dos oito graus de liberdade dos ecossistemas de estudo.

A significância dos contrastes de interesse foi testada pelo teste F, a pelo menos 5% de probabilidade, tendo-se levado em conta o quadrado médio do resíduo obtido pela análise de variância.

Resultados e Discussão

A intervenção antrópica nos ecossistemas naturais, representada pela conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e submissão da pastagem nativa ao sistema de pastejo contínuo, promoveu significativa redução nos estoques de CO e C_{mic} no solo (Tabela 1). Essa tendência foi observada notadamente na profundidade de 0–40 cm e na camada superficial (0–10 cm), onde as adições de C pela vegetação são maiores (Costa et al., 2009) e a atividade da microbiota ocorre mais intensamente (Cardoso et al., 2009), o que contribui para que maiores quantidades de MOS sejam estocadas.

Esses resultados podem ser atribuídos, principalmente, ao menor aporte de resíduos orgânicos nas pastagens, determinado pela marcante extração de biomassa aérea desses ecossistemas, imposta pela pressão de pastejo. Esse fato é corroborado pela ausência do efeito de perturbações físicas do solo e pela exposição da matéria orgânica aos processos microbianos, que implicam perdas de CO₂ para a atmosfera (Zinn et al., 2005), já que apenas na pastagem cultivada, e somente durante a sua fase de implantação, houve revolvimento do solo.

A ausência de reposição de nutrientes e a falta de correção da acidez do solo nas áreas pastejadas são fatores que podem contribuir também para a exaustão da

fertilidade do solo e, por conseguinte, da matéria orgânica, o que levaria a perdas substanciais de C do solo, como as verificadas neste estudo. Essas perdas de C, em longo prazo, podem resultar em elevada degradação ambiental, uma vez que, à matéria orgânica, estão associados os maiores reservatórios de nutrientes e energia nesses ecossistemas. O esgotamento dos estoques de matéria orgânica pode antecipar uma menor resiliência dos ecossistemas, e resultar em comprometimento da capacidade produtiva e menor oferta de serviços ambientais.

Em relação à substituição da floresta nativa por pastagem cultivada, são contraditórios os relatos na literatura em relação aos teores de CO encontrados nos solos sob as duas condições (Costa et al., 2009). Alguns resultados apontam teores iguais ou superiores nos solos sob pastagem (Rangel & Silva, 2007; Carneiro et al., 2009; Costa et al., 2009; Silva Júnior et al., 2009) atribuídos, em grande parte, ao maior aporte de matéria orgânica proporcionado pelo sistema radicular das gramíneas, que é desenvolvido e bem distribuído. Em oposição, outros estudos relatam teores mais altos de CO nos solos sob vegetação nativa (D'Andréa et al., 2002; Portugal et al., 2008; Cardoso et al., 2009) que, em geral, são atribuídos à degradação das pastagens e ao maior aporte global de matéria orgânica proporcionada pela mata nativa, proveniente da deposição contínua e variada de substratos orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à

decomposição, oriundos da vegetação nativa com maior diversidade de espécies.

Neste trabalho, a conversão da floresta nativa em pastagem cultivada determinou uma tendência de perdas, constatada tanto nos estoques de CO como nos de Cmic, notadamente significativa nas pastagens com maior tempo de implantação (PC27 e PC26). Por sua vez, nas pastagens com menor tempo (PC11), embora também tenham ocorrido perdas, elas não foram significativas em relação ao ecossistema natural (CE2), possivelmente em razão do C residual decorrente do aporte da vegetação nativa original.

Fernandes et al. (1999), ao avaliar alterações na MOS em pastagem cultivada no Pantanal, também relataram perdas de CO no solo sob pastagens com 10 e 20 anos de implantação. As reduções menos expressivas foram observadas na pastagem com dez anos de implantação, atribuídas ao C incorporado ao solo pela decomposição do sistema radicular da vegetação original. Costa et al. (2009) relataram que, mesmo após 28 anos de uso com pastagem bem e mal manejada, em solos nos Tabuleiros Costeiros no sul da Bahia, em média, 62% do CO até 30 cm de profundidade era derivado da floresta original. Contudo, conforme esses autores, para uma mesma produção e deposição de biomassa vegetal no solo, o teor de matéria orgânica pode variar de solo para solo, tendo em vista a qualidade

Tabela 1. Estoques de carbono orgânico (CO) e carbono microbiano (Cmic) no solo sob ecossistemas naturais e pastagens no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul.

Ecossistema e contrastes ⁽¹⁾	Estoque de CO (Mg ha ⁻¹)				Estoque de Cmic (Mg ha ⁻¹)				Densidade do solo (kg dm ⁻³)		
	0–10 cm	10–20 cm	20–40 cm	0–40 cm	0–10 cm	10–20 cm	20–40 cm	0–40 cm	0–10 cm	10–20 cm	20–40 cm
FN	22,04	16,83	22,85	61,72	0,68	0,48	0,57	1,72	1,40	1,50	1,53
CE1	16,75	5,10	5,35	27,20	0,50	0,13	0,19	0,82	1,50	1,49	1,54
CE2	10,99	5,60	8,09	24,68	0,26	0,12	0,19	0,57	1,44	1,44	1,49
PC27	16,67	11,62	13,36	41,64	0,39	0,23	0,27	0,90	1,56	1,59	1,63
PC26	9,78	4,05	4,73	18,57	0,24	0,08	0,15	0,47	1,59	1,66	1,64
PC11	8,69	6,38	6,93	22,00	0,15	0,13	0,23	0,52	1,56	1,54	1,56
PNpc	6,65	4,62	6,54	17,81	0,13	0,11	0,17	0,41	1,61	1,60	1,57
PNv3	6,38	4,06	6,54	16,98	0,15	0,12	0,19	0,46	1,57	1,60	1,61
PNv19	10,53	7,95	5,94	24,42	0,22	0,15	0,19	0,56	1,45	1,54	1,54
Valor de F dos contrastes											
FN vs PC27	12,10**	11,39**	37,78**	99,02**	21,98**	16,70**	22,87**	99,67**	26,36**	8,17**	9,60**
CE1 vs PC26	20,36**	0,45 ^{ns}	0,15 ^{ns}	31,22**	19,30**	0,65 ^{ns}	0,37 ^{ns}	34,03**	11,17**	28,91**	10,28**
CE2 vs PC11	2,23 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,56 ^{ns}	3,01 ^{ns}	3,38 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,81 ^{ns}	13,99**	7,51**	5,03*
PNv19 vs PNpc	6,30**	4,64*	0,14 ^{ns}	18,31**	2,17 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,43*	1,38 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,64 ^{ns}
PNv19 vs PNv3	7,19**	6,34**	0,14 ^{ns}	23,18**	1,28 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,79 ^{ns}	25,24**	3,21 ^{ns}	0,96 ^{ns}
PNv3 vs PNpc	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,74 ^{ns}	26,36**	8,17**	9,60**

⁽¹⁾FN, mata semidecídua; CE1 e CE2, cerrado; PC27, PC26, PC11, pastagem cultivada com 27, 26 e 11 anos de formação, respectivamente; PNpc, PNv3, PNv19, pastagem nativa com sistema de pastejo contínuo e sem pastejo por 3 e 19 anos, respectivamente. * e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}Não significativo.

do material aportado e a influência de diversos fatores sobre a microbiota do solo e, conseqüentemente, sobre a taxa de decomposição da MOS.

A redução da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, por meio do acúmulo de C no solo sob pastagens cultivadas em regiões tropicais, tem sido enfatizada na literatura (Silva et al., 2004). Contudo, neste estudo, a conversão da floresta nativa em pastagem cultivada promoveu perdas significativas nos estoques de CO, as quais corresponderam, aproximadamente, a 24 e 32% na PC27 e 41 e 32% na PC26, nas profundidades de 0–10 e 0–40 cm, respectivamente (Figura 1). Perdas de CO em pastagens cultivadas têm sido atribuídas ao manejo inadequado e à sua degradação (Silva et al., 2004; Maia et al., 2009). Ao se considerar um fator de conversão de C para CO₂ de 3,67 (Rangel & Silva, 2007), as perdas de C-CO₂ para a atmosfera, na profundidade de 0–40 cm, corresponderam a 73,69 Mg ha⁻¹ na PC27 e 31,67 Mg ha⁻¹ na PC26, o que evidencia a baixa capacidade dessas áreas de pastagem em atuar como sumidouro de CO₂ atmosférico. Contudo, mudanças no estoque de C em solos sob pastagem devem ser avaliadas a uma profundidade mínima de 1 m, pois, em amostragens superficiais, a magnitude de acúmulo de C nos sistemas naturais tem sido maior (Batlle-Bayer et al., 2010).

A exposição da pastagem nativa a pastejo contínuo também promoveu perdas nos estoques de CO e C_{mic} no solo, quando comparada com a ausência de pastejo

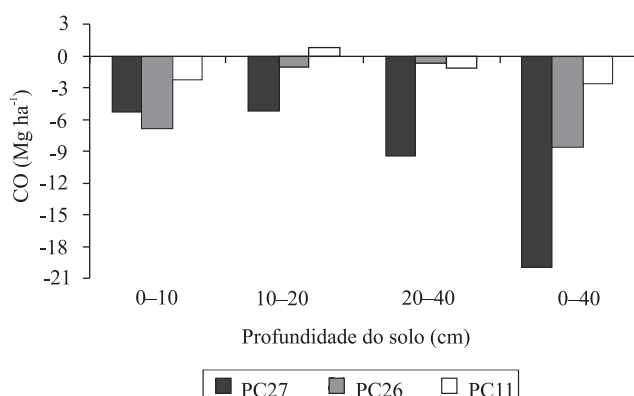


Figura 1. Alterações nos estoques de carbono orgânico (CO) no solo pela conversão da floresta nativa em pastagem cultivada (FN → PC27; CE1 → PC26; CE2 → PC11) no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. FN, mata semidecídua; CE1 e CE2, cerradão; PC27, PC26, PC11, pastagem cultivada com 27, 26 e 11 anos de formação, respectivamente.

por 19 anos (PNv19). Porém, a ausência de pastejo por um período de três anos não foi suficiente para incrementar o teor de C no solo (Tabela 1). De acordo com Souza et al. (2009), em pastagens com e sem pastejo, a distribuição do material orgânico lábil é alterada, e faz com que a atividade microbiana também seja diferenciada, de tal forma que, nas pastagens sem pastejo, os resíduos vegetais são mais bem distribuídos e menos decompostos pelos microrganismos, em relação aos das áreas pastejadas, o que favorece o acúmulo de C no solo. Deve-se ressaltar, ainda, que a ausência de diferença significativa entre PNpc e PNv3 indica que o período de três anos sem pastejo não foi suficiente para incrementar o C no solo. Contudo, a pastagem nativa avaliada neste estudo não esteve sujeita ao regime anual de cheia, de tal forma que resultados diferentes podem ser esperados em pastagens anualmente inundadas, principalmente por origem fluvial, que é bastante comum na região, em razão da grande quantidade de matéria orgânica transportada.

Em relação ao N total no solo, por ser este um dos principais componentes da MOS (Souza et al., 2009), esperava-se que os ecossistemas naturais (FN, CE1, CE2, PNv19), assim como observado para o CO, também apresentassem estoques de N total superiores aos constatados nos ecossistemas submetidos à intervenção antrópica (PC27, PC26, PC11, PNpc, PNv3). Contudo, não foram observadas diferenças significativas nos estoques de N total promovidas pela substituição da floresta nativa por pastagem cultivada e também pela submissão da pastagem nativa ao sistema de pastejo contínuo, e os valores na profundidade de 0–40 cm variaram de 3,71 a 5,25 Mg ha⁻¹, nas florestas nativas e pastagens cultivadas; e 3,74 a 3,93 Mg ha⁻¹, nas pastagens nativas sob pastejo contínuo e sem pastejo por três e 19 anos (Figura 2). Provavelmente, os resíduos vegetais depositados no solo sob os ecossistemas naturais foram constituídos principalmente por substratos orgânicos de decomposição rápida, o que não contribuiu para incrementos nos estoques de N total no solo (Pultronik et al., 2009).

O fracionamento químico das substâncias húmicas revelou que a fração humina (C-HU) representou a maior parte do CO em todos os ecossistemas, seguida pelas demais frações, na seguinte ordem: ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF), nas florestas nativas e pastagens cultivadas; e C-FAF e C-FAH, na pastagem nativa (Tabela 2). Esses resultados

estão compatíveis com a distribuição das frações húmicas em solos cultivados ou sob ambientes naturais (Benites et al., 2003). Em florestas naturais, sem perturbação do solo, ocorre maior polimerização de compostos húmicos, o que aumenta a proporção da fração C-FAH em relação à

C-FAF (Leite et al., 2003). Além disso, o maior acúmulo de MOS nos ecossistemas naturais pode contribuir para aumento dos estoques de ácidos húmicos, por meio de processo de herança de compostos da matéria orgânica fresca, particularmente da lignina, de modo semelhante ao que ocorreria com a humina herdada (Stevenson, 1994).

Constatou-se, ainda, que a conversão da floresta nativa em pastagem cultivada promoveu significativas perdas nos estoques de C associados às três frações húmicas, notadamente nas profundidades de 0–10 e 0–20 cm. Ao se considerar a profundidade de 0–20 cm, as perdas mais expressivas ocorreram, proporcionalmente, na seguinte ordem: C-FAH, 54 e 47%, na PC27 e PC26, respectivamente; C-FAF, 33 e 42%; e C-HU 20 e 37%. As maiores perdas nas frações C-FAH e C-FAF corroboram a maior movimentação dessas frações no perfil do solo observadas por Leite et al. (2003) e indicam o menor aporte de material orgânico de boa qualidade nas pastagens, e também a possível menor atividade biológica na síntese de substâncias húmicas mais condensadas. Por sua vez, a exposição da pastagem nativa ao pastejo contínuo, também na profundidade de 0–20 cm, promoveu perdas nos estoques de C associados às frações C-FAH (59%) e C-HU (52%), assim como o observado nas pastagens

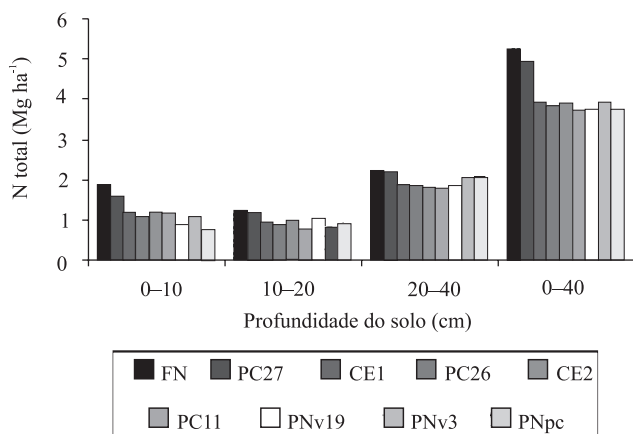


Figura 2. Estoques de nitrogênio total (N total) no solo sob ecossistemas naturais e pastagens no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. FN, mata semidecídua; CE1 e CE2, cerradão; PC27, PC26, PC11, pastagem cultivada com 27, 26 e 11 anos de formação, respectivamente; PNpc, PNv3, PNv19, pastagem nativa com sistema de pastejo contínuo e sem pastejo por 3 e 19 anos, respectivamente.

Tabela 2. Estoques de carbono associados às frações ácidos fúlvicos (C-FAF), ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HU) no solo sob ecossistemas naturais e pastagens no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul.

Ecossistema e contrastes ⁽¹⁾	C-FAF			C-FAH			C-HU		
	0–10 cm	10–20 cm	0–20 cm	0–10 cm	10–20 cm	0–20 cm	0–10 cm	10–20 cm	0–20 cm
FN	1,98	1,46	3,44	7,29	6,93	14,22	12,93	8,39	21,32
CE1	0,95	0,30	1,25	4,30	0,82	5,12	11,41	4,29	15,69
CE2	1,66	0,51	2,17	1,98	0,44	2,42	7,35	4,48	11,83
PC27	1,32	1,12	2,43	4,35	2,17	6,52	10,12	6,83	16,95
PC26	0,55	0,17	0,72	1,94	0,77	2,71	7,17	2,78	9,95
PC11	1,47	0,80	1,95	1,04	0,79	1,84	6,13	4,36	10,49
PNpc	2,63	1,83	4,46	0,22	0,34	0,56	3,52	2,54	6,06
PNv3	1,74	1,48	3,23	0,55	0,15	0,71	3,65	2,12	5,77
PNv19	1,79	1,91	3,69	1,18	0,20	1,38	7,23	5,47	12,7
Valor de F dos contrastes									
FN vs PC27	6,80**	2,45 ^{ns}	10,05**	34,55**	90,69**	237,00**	12,08**	3,73 ^{ns}	29,25**
CE1 vs PC26	7,43**	0,26 ^{ns}	13,56**	22,20**	0,00 ^{ns}	23,02**	27,53**	3,48 ^{ns}	50,54**
CE2 vs PC11	4,07*	1,27 ^{ns}	0,79 ^{ns}	3,71*	0,49 ^{ns}	1,34 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,75 ^{ns}
PNv19 vs PNpc	10,99**	0,08 ^{ns}	9,16**	3,98*	0,07 ^{ns}	2,73 ^{ns}	21,15**	13,20**	67,77**
PNv19 vs PNv3	0,03 ^{ns}	2,77 ^{ns}	3,31 ^{ns}	2,55 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,79 ^{ns}	19,66**	17,25**	73,75**
PNv3 vs PNpc	12,24**	1,89 ^{ns}	23,51**	0,57 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}

⁽¹⁾FN, mata semidecídua; CE1 e CE2, cerradão; PC27, PC26, PC11, pastagem cultivada com 27, 26 e 11 anos de formação, respectivamente; PNpc, PNv3, PNv19, pastagem nativa com sistema de pastejo contínuo e sem pastejo por 3 e 19 anos, respectivamente. * e ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns}Não significativo.

cultivadas. Porém, em relação à fração C-FAF, foi constatado ganho de 21%.

Conclusões

1. A conversão da floresta nativa em pastagem cultivada e a exposição da pastagem nativa ao pastejo contínuo promovem redução nos estoques de carbono orgânico e carbono microbiano no solo, notadamente mais expressiva nas pastagens cultivadas com maior tempo de implantação, porém não altera os estoques de nitrogênio total no solo.

2. Nas pastagens nativas, o período de três anos sem pastejo não é suficiente para promover incrementos no estoque de carbono orgânico no solo, a ponto de diferenciar-se do sistema de pastejo contínuo.

3. As pastagens cultivadas promovem perdas nos estoques de carbono associados às três frações húmicas, e as maiores perdas, proporcionalmente, ocorrem nas frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos; por sua vez, o pastejo contínuo da pastagem nativa promove perdas nos estoques de ácidos húmicos e humina e incrementos nos de ácidos fúlvicos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento parcial do trabalho.

Referências

- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N.H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.137, p.47-58, 2010.
- BENITES, V.M.; MÁDARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo**: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 16).
- BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1635-1646, 2009.
- BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: America Society of Agronomy, 1996. part 3, p.1085-1121. (SSSA Book Series, 5).
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M. de S.; CURTI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.631-637, 2009.
- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D. de; REIS, E.F. dos; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.147-157, 2009.
- CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PÍCCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *Soil and Tillage Research*, v.103, p.342-349, 2009.
- CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.; CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.325-358.
- CLAESSEN, M.E.C. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- CONANT, R.T.; PAUSTIAN, K.; DEL GROSSO, S.J.; PARTON, W.J. Nitrogen pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.71, p.239-248, 2005.
- COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.323-332, 2008.
- COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M. da; NACIF, P.G.S.; FARIAS, J.C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1137-1145, 2009.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.913-923, 2002.
- FERNANDES, F.A.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A.H.B.M. Alterações na matéria orgânica de um Podzol Hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, p.1943-1951, 1999.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, p.36-41, 2008.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A.; GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.821-832, 2003.
- MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, v.149, p.84-91, 2009.
- PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.'A. V.; COSTA, L.M. da; SANTOS, B.C.M. dos. Atributos químicos e físicos de um

- Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.249-258, 2008.
- PULRONIK, K.; BARROS, N.F. de; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1125-1136, 2009.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. 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, 2007.
- 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. (Org.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.17-41.
- SALIS, S.M. **Distribuição de espécies arbóreas e estimativa da biomassa aérea de savanas florestadas, Pantanal da Nhecolândia, estado do Mato Grosso do Sul**. 2004. 63p.Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SILVA JÚNIOR, M.L. da; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; MELO, V.S. de; MARTINS, P.F.; SANTOS, E.R.; CARVALHO, C.J.R. de. Carbon content in Amazonian Oxisols after Forest conversion to pasture. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1603-1611, 2009.
- SILVA, J.E. da; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the "Cerrado" region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.103, p.357-363, 2004.
- SOUZA, E.D. de; COSTA, S.E.V.G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. 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**, v.33, p.1829-1836, 2009.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1994. 496p.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.
- YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.
- ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.84, p.28-40, 2005.

Recebido em 22 de junho de 2010 e aprovado em 5 de agosto de 2010