

## Fracionamento químico, estabilidade da matéria orgânica do solo e fertilidade de solos sob floresta, agricultura e pecuária<sup>(1)</sup>

**Marihus Altoé Baldotto<sup>(2)</sup>; Erli Maciel Vieira; Dálisson de Oliveira Souza<sup>(3)</sup>; Lílian Estrela Borges Baldotto<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq, da Fapemig e da Funarbe.

<sup>(2)</sup> Professor; Universidade Federal de Viçosa; Florestal, MG; E-mail: [marihus@ufv.br](mailto:marihus@ufv.br); <sup>(3)</sup> Estudante; Universidade Federal de Viçosa.

**RESUMO:** O entendimento dos fenômenos de trocas de carbono e de nutrientes entre solos, águas e atmosfera é fundamental para o manejo e a conservação de ecossistemas. O objetivo deste trabalho foi determinar os estoques e as frações de carbono e a fertilidade de solos sob diferentes práticas de manejo florestal, agrícola e pastoril, no Campus de Florestal da Universidade Federal de Viçosa, visando propor indicadores para a avaliação de manejo e conservação do solo. Foram determinados os estoques e o fracionamento do carbono orgânico e as análises químicas de amostras de solos coletadas nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm sob remanescentes de mata nativa (Mata), área agrícola cultivada sob irrigação de pivô central (Pivô) e áreas de cultivo de *Corymbia citriodora* (Eucalipto), *Joannesia princeps* (Cutieira) e *Brachiaria decumbens* (Pasto). Os resultados indicaram que as estimativas dos estoques e de estabilidade do carbono orgânico aumentaram com a fertilidade do solo. Os sistemas florestais, principalmente a Mata, acompanhada pelos sistemas de manejo do solo integrando florestas à pastagem, em comparação com o cultivo contínuo ou a monocultura de pastagem, apresentaram estoques de carbono maiores, mais estáveis e menos solúveis, com formas mais aromáticas e hidrofóbicas (maior relação AH/AF), indicando menor potencial de lixiviação de carbono para o sistema aquático adjacente.

**Termos de indexação:** manejo e conservação do solo, química do solo, matéria orgânica do solo.

### INTRODUÇÃO

A maior parte do carbono orgânico fixado pelas plantas na fotossíntese retorna para atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>, devido decomposição dos resíduos vegetais no solo (Stevenson, 1994; Sposito, 2008).

A matéria orgânica do solo é um indicador sensível às alterações decorrentes do uso e ocupação do solo. Os estoques e as formas de carbono orgânico e as características químicas do solo são estreitamente relacionados e variam de acordo com as práticas de manejo (Baldotto et al., 2010).

De forma geral, as principais limitações dos solos tropicais, sobretudo a classe dos Latossolos, são o insuficiente desenvolvimento de cargas elétricas negativas (baixa CTC), a elevada fixação de fosfatos, a baixa disponibilidade de nutrientes (bases e P) e as altas concentrações de íons alumínio tóxicos. Tais limitações podem minimizadas com a preservação e o incremento dos teores de carbono orgânico do solo, uma vez que a matéria orgânica possui grupos funcionais eletricamente carregados que aumentam a CTC e diminuem a adsorção específica de P, disponibiliza nutrientes e tem a capacidade de complexar íons alumínio, reduzindo sua toxicidade. Nesse sentido, como os Latossolos, distribuem-se em praticamente todo o território nacional, sendo a classe de solos mais representativa do Brasil, ocupando cerca de 60 % do território, são solos de grande potencial para agricultura. Espera-se que preservar os estoques de carbono seja uma forma eficiente de manter importantes propriedades dos Latossolos. Vários estudos têm indicado que a integração de lavoura/pecuária com florestas tem possibilitado a recuperação dos teores de matéria orgânica (Baldotto et al., 2010).

O objetivo do presente trabalho foi determinar as frações e os estoques de carbono orgânico e a fertilidade do solo sob os manejos florestal (mata remanescente), integrando agricultura e florestas (eucalipto e cutieira), monocultura agrícola (sob pivô central) e pastoril (braquiária), na Bacia do Rio Paraopeba em Florestal-MG, visando propor indicadores para a avaliação de manejo e conservação do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em Florestal-MG, estudando um complexo lacustre típico da região, conhecido como "lagoas da CEDAF". A área pertence à Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal (UFV-CAF), localizada na coordenadas de 19°52'16,3"S e 44°25'26,1"W, a uma altitude de aproximadamente 750 metros. A área localiza-se na bacia do Rio Paraopeba e está na abrangência de duas sub-bacias, Ribeirão das Lages e Ribeirão do Ouro.

Foram amostradas cinco áreas adjacentes no



entorno do sistema hídrico, compondo remanescentes florestais (matas nativas), integração de florestas e pecuária (eucaliptos e cutieiras) e monocultura (agricultura sob pivô central e pastagem). A área foi denominada “Mata”, quando constituída por solos sob a cobertura de remanescentes de transição Cerrado-Mata Atlântica; “Eucalipto”, “Cutieira” e “Pasto” representaram solos sob matas de *Eucalyptus* ssp., *Joannesia princeps* e *Brachiaria decumbens*, respectivamente; e uma área agrícola, sob pivô central e manejada há aproximadamente duas décadas, cuja referência no texto será “Pivô”.

O entorno das unidades de amostragem apresenta relevo predominantemente suave ondulado e o relevo regional ondulado. O solo amostrado pertence à classe Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, para o qual foram realizadas as coletas de solos nas camadas 0-20 e 20-40 cm, conforme as recomendações de Embrapa (1997; 2006). Os dados de fertilidade do solo e de estoques de carbono estão apresentados em Baldotto et al. (2013) e foram usados no presente trabalho para correlacionar com os dados do fracionamento químico da matéria orgânica do solo.

Para o fracionamento, extração e purificação do carbono orgânico dos solos, inicialmente, as amostras foram tratadas com  $H_3PO_4$  2 mol  $L^{-1}$  (agitação, em tubos de centrifuga, de 20 g de amostra: 200 mL de solução por 4 horas) para a extração da fração ácidos fúlvicos livres (AFL) e da matéria orgânica leve (MOL). Após tal agitação, foi realizada a centrifugação (Centrifuga HERMLE-Z382K) a 5.000 g por 30 minutos. A densidade ótica do extrato sobrenadante foi medida em espectrofotometria de absorção molecular em um equipamento Hitachi – UV-Vis 2000, nos comprimentos de onda de 250 e 465 nm. Para a extração de substâncias orgânicas alcalino-solúveis o precipitado do extrato obtido na etapa anterior foi ajustado a pH 7 e, em seguida, adicionaram-se ao tubo de centrifuga 200 mL NaOH 0,5 mol  $L^{-1}$ . Tal sistema, a pH~13, foi agitado horizontalmente por 24 horas. As amostras foram centrifugadas e determinadas as densidades óticas dos sobrenadantes e, também, os teores de carbono orgânico desses sobrenadantes contendo as substâncias húmicas (SH) e dos precipitados residuais (Huminas). Parte dos sobrenadantes da operação anterior foi acidificado até pH 1,5 com ácido sulfúrico e, a seguir, centrifugado para a separação das SH em ácidos húmicos (AH) no precipitado e de ácidos fúlvicos (AF) no sobrenadante.

Estimou-se a média e o desvio-padrão da

média para cada variável experimental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que os valores de matéria orgânica foram superiores na Mata e Eucalipto, demonstrando que sistemas florestais produziram uma serapilheira maior, que resultou em estoque de carbono mais expressivo. Os valores de acidez foram inversamente relacionados à saturação por bases. Os valores excessivos de acidez no sistema Eucalipto mostraram uma acidificação progressiva em relação ao sistema Mata e, também, em relação aos demais manejos estudados. Além disso, os sistemas mais ricos em carbono e bases, também apresentaram mais alta CTC. O sistema Mata, em média, apresentou uma maior fertilidade em relação ao sistema Eucalipto, considerando-se a capacidade de troca catiônica efetiva, a soma e a saturação por bases (Alvarez et al, 1999). Os horizontes superficiais dos sistemas analisados apresentam baixas concentrações de fósforo e baixa fertilidade. A menor saturação por bases nas duas camadas amostradas foi apresentada pelo sistema Eucalipto, condizente com os mais altos valores de saturação por alumínio. Os resultados de fertilidade estão associados aos estoques de carbono, sendo os valores dos sistemas florestais superiores aos dos sistemas com maiores grau de alteração (Pastagem e Pivô).

Com os resultados pode-se inferir que o sistema remanescente da mata nativa tendeu a manter os estoques de carbono e a fertilidade natural, ou pelo menos, esta pode ter diminuído menos em relação àquela original, pois foi superior à dos sistemas atuais de uso. Contudo, os sistemas envolvendo a integração de florestas de Eucalipto e Cutieira nas antigas pastagens, apresentaram dados muito próximos aos da área de Mata e superiores aos solos continuamente cultivados ou com monocultura de pastagem. Os resultados de Ribas et al. (2008) seguiram tendências semelhantes em diferentes coberturas no entorno de sistema lacustre.

No sistema Mata foi também verificada a maior aromaticidade e hidrofobicidade da matéria orgânica do solo (maior relação AH/AF), indicando maiores estabilidade dos estoques de carbono (Stevenson, 1994; Baldotto et al., 2010), ou seja, a floresta apresenta maior quantidade e estabilidade dos estoques de carbono do solo (persistência do “sequestro” de C).

Infere-se, assim, que tal perda de fertilidade ao se remover a vegetação natural, esteja associada à maior tendência a perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, o que pode provocar, ainda, tendência ao



assoreamento e à eutrofização dos sistemas aquáticos adjacentes. Assim, a diminuição dos estoques de carbono é acompanhada pela diminuição da fertilidade do solo.

No trabalho de Ribas et al. (2008), dentre os sistemas estudados (pastagem, agricultura, cana e mata nativa), o sistema florestal apresentou maior equilíbrio entre as formas de carbono, com maior estabilidade da matéria orgânica do solo. A mobilidade do carbono variou de acordo com a distribuição das frações da matéria orgânica do solo. Sistemas onde predominaram formas mais solúveis e menos humificadas apresentaram maior potencial de lixiviação. No presente trabalho, observaram-se dados semelhantes e, dessa forma, pode-se inferir que os sistemas florestais, principalmente a Mata, tendem a perder menos carbono por lixiviação para o sistema aquático. Essa lixiviação de carbono, se excessiva, entre outros fatores, pode aumentar a demanda biológica por oxigênio, trazendo complicações para a disponibilidade de oxigênio molecular para a respiração de peixes e outros seres aquáticos. Com o aumento da concentração de material orgânico, onde ocorrer queda brusca na disponibilidade de oxigênio molecular nos recursos hídricos, geralmente determinando alta mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos (Baldotto et al., 2010).

Destaca-se a maior densidade do solo revelada pela amostra Pivô, devido a práticas tradicionais agrícolas, como aeração e gradeamento. O aumento do grau de compactação do solo acarreta a diminuição de poros importantes para os fluxos de gases e solução do solo, além de efeitos na difusão de nutrientes, na resistência à penetração etc.

Do ponto de vista geoquímico e ambiental, os maiores e mais estáveis estoques de carbono nos sistemas florestais, confirmam que essas formas de manejo são mais adequadas que o cultivo contínuo ou a monocultura de forragem, fortalecendo a ideia de integração de lavoura, pecuária e floresta como prática de manejo mais sustentável.

Infere-se que a busca de ordem inversa, portanto, possa ser alcançada reintroduzindo espécies florestais aos agroecossistemas, como, por exemplo, adotando sistemas de integração lavoura, pecuária e florestas.

### CONCLUSÕES

As estimativas dos estoques de carbono relacionaram-se positivamente com a fertilidade do solo em solos sob manejo florestal, agrícola e pastoril.

Os sistemas florestais, principalmente a Mata,

em comparação com o cultivo contínuo ou a monocultura de pastagem, apresentaram estoques de carbono maiores e mais estáveis e menos solúveis, com formas mais aromáticas e hidrofóbicas (maior relação AH/AF), indicando menor potencial de lixiviação de carbono para o sistema aquático adjacente.

Os sistemas de manejo do solo integrando florestas à monocultura mostraram-se de fundamental importância para a manutenção da quantidade e da qualidade da matéria orgânica e da fertilidade do solo e, portanto, permitem concluir que a adoção de práticas de manejo adequadas são de grande relevância para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários e florestais.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig e à Funarbe pelo financiamento aportado aos projetos que deram origem a este trabalho.

### REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & VENEGAS, V. H. A. (Eds.) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG. 1999. 25-32 p.
- BALDOTTO, M. A.; CANELA, M. C.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B. & VELLOSO, A. C. X. Redox index of soil carbon stability. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 34: 1543-1551, 2010.
- BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. O. & BALDOTTO, L. E. B. Estoques e frações carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. *Revista Ceres*. Submetido para publicação. 2013.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 1997.212p.
- RIBAS, L. M.; BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L. P. & REZENDE, C. E. Qualidade e mobilidade da matéria orgânica de sistemas adjacentes à Lagoa de Cima, Campos dos Goytacazes. *Geochimica Brasiliensis*, 22: 103-112.
- STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2<sup>nd</sup>. New York: Wiley. 1994. 496p.
- SPOSITO, G. The chemistry of soils, 2<sup>nd</sup>. Ed. New York: Oxford University Press. 2008.330 p.



**Tabela 1. Fracionamento do carbono orgânico do solo sob manejo florestal, agrícola e pastoril**

Amostra	Camada	Fracionamento <sup>(1)</sup>							
		MOL	AFL	AF	AH	HUM	CT	REC	AH/AF
		----- g kg <sup>-1</sup> -----						%	
MATA	0 a 20	2,20±0,11	1,98±0,08	2,13±0,22	2,59±0,02	6,69±0,09	15,70±0,19	99±3	1,23±0,12
	20 a 40	0,87±0,02	1,68±0,07	1,60±0,14	1,68±0,38	7,26±0,28	12,67±0,19	103±1	1,08±0,34
EUCALIPTO	0 a 20	2,67±0,31	2,47±0,13	1,96±0,06	2,25±0,32	6,06±0,18	16,27±0,38	95±4	1,15±0,20
	20 a 40	0,83±0,04	2,35±0,15	1,47±0,15	1,36±0,62	4,94±0,18	10,02±0,19	109±6	0,98±0,52
CUTIEIRA	0 a 20	1,63±0,07	1,23±0,08	1,89±0,16	2,08±0,11	7,53±0,10	14,56±0,19	99±5	1,11±0,04
	20 a 40	0,60±0,02	0,94±0,07	0,94±0,22	0,81±0,33	2,55±0,29	5,48±0,19	106±5	0,99±0,58
PIVÔ	0 a 20	1,19±0,07	1,52±0,08	1,52±0,07	1,39±0,19	3,60±0,19	8,51±0,19	108±1	0,92±0,17
	20 a 40	0,50±0,02	0,65±0,07	1,23±0,07	1,22±0,27	5,48±0,19	8,89±0,89	102±9	0,98±0,17
PASTAGEM	0 a 20	1,25±0,01	1,83±0,07	1,83±0,08	2,06±0,28	4,94±0,20	11,54±0,19	103±2	1,12±0,11
	20 a 40	0,59±0,04	0,95±0,07	0,59±0,00	0,47±0,12	1,90±0,19	4,35±0,19	104±2	0,81±0,20

<sup>(1)</sup> Fracionamento: MOL = matéria orgânica leve; AFL = ácidos fúlvicos livres; AF = ácidos fúlvicos; HUM = huminas; CT = carbono total; REC = recuperação do método em relação ao CT; AH/AF = relação entre as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos.