

Comissão 2.4 - Química do solo

FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO DE UM LATOSSOLO HÚMICO SOB DIFERENTES USOS NO AGRESTE BRASILEIRO⁽¹⁾

Priscila Maria de Aquino Pessoa⁽²⁾, Gustavo Pereira Duda⁽³⁾, Raquel Bezerra de Barros⁽⁴⁾, Maria Betânia Galvão dos Santos Freire⁽⁵⁾, Clístenes Willians Araújo do Nascimento⁽⁵⁾ & Marcelo Metri Correa⁽⁶⁾

RESUMO

A substituição de ecossistemas naturais por cultivos agrícolas geralmente resulta em alterações na quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo. A magnitude dessas mudanças varia de acordo com as propriedades originais do solo, o clima, a cultura implantada e o manejo adotado. O carbono (C) orgânico do solo, muitas vezes, não tem sido sensível a essas mudanças, razão pela qual a distribuição de suas diferentes frações vem sendo utilizada para avaliar melhor a qualidade da matéria orgânica do solo. Com o objetivo de avaliar alterações das frações de C orgânico de um Latossolo húmico submetido a diferentes usos, foram coletadas amostras de solos de cinco ambientes (mata nativa, capoeira submetida a queimadas esporádicas, pasto com 30 anos, pasto com 25 anos e culturas de ciclo curto), em quatro profundidades (0,0–2,5; 2,5–5,0; 5,0–7,5; e 7,5–10,0 cm). O uso do solo com pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto proporcionaram maiores reduções no teor de C orgânico, principalmente na camada de 0,0–2,5 cm. Nessas áreas, o C da biomassa microbiana e o C orgânico solúvel em água foram mais sensíveis à mudança de manejo. A área com pasto por 30 anos apresentou valores superiores de ácidos fúlvicos, húmicos e humina que a área sob pasto por 25 anos, em todas as profundidades avaliadas.

Termos de indexação: matéria orgânica do solo, substâncias húmicas, biomassa microbiana.

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recebido para publicação em 2 de maio de 2011 e aprovado em 13 de outubro de 2011.

⁽²⁾ Mestre em Ciência do Solo do PPGCS, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife (PE). E-mail: cilaquino@hotmail.com

⁽³⁾ Professor Associado da Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Av. Bom pastor, Boa Vista, S/N, CEP 55296-901 Garanhuns (PE). E-mail: gpduda@uag.ufrpe.br

⁽⁴⁾ Mestranda do PPGA da Unidade Acadêmica de Garanhuns, UFRPE. E-mail: raquelrbb@yahoo.com.br

⁽⁵⁾ Professores Associados do Departamento de Agronomia, UFRPE. Bolsistas CNPq. E-mails: betania@depa.ufrpe.br; clistenes@pq.cnpq.br

⁽⁶⁾ Professor Adjunto da Unidade Acadêmica de Garanhuns, UFRPE. E-mail: marcelometri@yahoo.com

SUMMARY: FRACTIONS OF ORGANIC CARBON IN A HUMIC OXISOL UNDER DIFFERENT USES IN THE AGRESTE REGION OF BRAZIL

The conversion of natural vegetation to cultivated land often results in changes in the quantity and quality of soil organic matter. The magnitude of these alterations varies according to the soil properties, climate, crops and soil management. Soil organic C is not always a sensitive indicator of soil changes. The distribution of C fractions is therefore being used to assess the soil organic matter quality more precisely. This study evaluated the changes in organic C fractions of a Humic Oxisol under different uses. Soil samples were collected from five different environments (native forest, scrub exposed to sporadic fires, a 30 year pasture, 25 year pasture and annual crops) in four layers (0.0–2.5; 2.5–5.0, 5.0–7.5, and 7.5–10.0 cm). In the 25 year-old pasture and annual crops the contents of soil organic C were reduced, especially in the surface layer 0.0–2.5 cm. In these areas, the biomass microbial C and water soluble C proved to be more sensitive to management changes. In the 30 year-old pasture, the contents of fulvic acids, humic acids and humina were higher than in the area under pasture for 25 years, in all layers.

Index terms: soil organic matter, humic substances, microbial biomass.

INTRODUÇÃO

A degradação do solo – conceituada como o declínio de sua qualidade e capacidade produtiva – é causada pelo mau uso, podendo ser ocasionada tanto por fatores naturais como por atividades relacionadas às ações humanas (Siqueira et al., 1994). Segundo Oldeman (1994), as atividades antrópicas que mais contribuem para a degradação do solo são: desmatamento, superpastejo, atividades agrícolas e industriais e exploração da vegetação para fins domésticos. Apesar da ausência de estudos conclusivos com relação à área degradada no Brasil, todas as estimativas apontam o desmatamento e as atividades agropecuárias como principais fatores de degradação dos solos (Alves et al., 2008).

A matéria orgânica do solo (MOS) é considerada por muitos autores como indicador-chave da qualidade do solo, pois atua como fonte de nutrientes, aumenta a retenção de cátions, atua na complexação de metais, é fonte de C e energia aos microrganismos do solo, além de auxiliar na infiltração e retenção de água, funcionando como componente fundamental na manutenção da sustentabilidade dos solos (Mielniczuk, 2008; Vezzani & Mielniczuk, 2009). Assim, a remoção da vegetação natural para fins de cultivo agrícola tem proporcionado decréscimos significativos no conteúdo e na qualidade da MOS (Cunha et al., 2005), acarretando perdas das características químicas, físicas e biológicas do solo.

Nas avaliações dos efeitos do uso do solo geralmente utiliza-se o conteúdo do C orgânico total do solo, que, muitas vezes, não é suficiente para detectar alterações na qualidade do solo. Para Vergutz et al. (2010), além do C orgânico total

do solo, é necessário o fracionamento da matéria orgânica, que pode aumentar a sensibilidade na diferenciação de solos submetidos a diferentes usos. Das frações de C utilizadas, destacam-se o C solúvel em água (CSA), a biomassa microbiana (C-BM), os ácidos fúlvicos (C-AF), húmicos (C-AH) e humina (C-HUM), por terem demonstrado maior sensibilidade a mudanças no uso do solo (Duda et al., 1999; Cunha et al., 2005; Loss et al., 2006).

O C orgânico solúvel em água (CSA) é considerado a fração mais lábil e reativa de C no solo, uma vez que reflete a fase inicial da degradação dos materiais orgânicos adicionados ao solo. O CSA corresponde a compostos de C de cadeia aberta e apresenta forte relação com a biomassa microbiana do solo (Liang et al., 1998.). No solo, o CSA associa-se às superfícies de troca dos minerais do solo, desempenhando papel importante nos processos iônicos e na ciclagem de nutrientes (Rangel et al., 2008), além de ser considerada a fração mais biodegradável da MOS e a principal fonte de C para os microrganismos (Marschner & Kalbitz, 2003). Normalmente, os teores de CSA em solo são baixos, podendo significar maior dificuldade no ataque inicial por parte das enzimas produzidas pelos microrganismos (Portugal et al., 2008).

Por outro lado, a biomassa microbiana do solo (C-BM) é considerada a maior parte da fração ativa da matéria orgânica do solo (Cardoso, 2004). Fatores bióticos e abióticos influenciam direta e indiretamente a C-BM, sendo o efeito de mudanças de uso e manejo do solo detectável mais rapidamente por meio da avaliação da biomassa microbiana (Gama-Rodrigues et al., 2005). Além disso, por atuar tanto como reserva quanto como dreno de nutrientes

(Silveira et al., 2006), a biomassa microbiana tem sido utilizada para estudos do fluxo de C e N e ciclagem de nutrientes no sistema solo (Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues, 2008).

As substâncias húmicas, por sua vez, são constituídas por moléculas complexas, heterogêneas e polidispersas, modificadas química e biologicamente, que apresentam coloração variando de amarela a castanha (Silva & Mendonça, 2007; Guerra et al., 2008). Podem ser fracionadas em função de sua solubilidade ácido-base, a diferentes valores de pH, em: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (HUM), sendo essa separação meramente operacional. As frações húmicas têm servido como indicadores de qualidade de solo, em razão da forte interação das substâncias húmicas com o material mineral e o manejo do solo (Fontana et al., 2006).

Na região do Agreste de Pernambuco, a maior parte da vegetação natural foi convertida em pastagem e culturas de ciclo curto, inexistindo estudos demonstrando o impacto dessa conversão sobre a matéria orgânica do solo. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar as frações de C orgânico de um Latossolo húmico submetido a diferentes usos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada está localizada na região do Agreste do Estado de Pernambuco, no município de Brejão. Pela classificação de Köppen, possui clima As (tropical chuvoso, com verão seco), conhecido como “brejo de altitude”. O solo em estudo é classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso húmico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo - SiBCS (Embrapa, 2006), e possui textura média.

Foram escolhidas cinco áreas com históricos distintos quanto ao uso, caracterizadas como: (a) área de vegetação natural coberta com floresta subperenifólia; (b) área com capoeira submetida a queimadas esporádicas, desmatada há 10 anos, sem cultivo anterior; (c) área de pastagem com braquiária (*Brachiaria decumbens*), cultivada há 30 anos, com árvores esparsas de cajueiro; (d) área de pastagem com braquiária (*Brachiaria decumbens*), cultivada há 25 anos, apresentando visualmente pasto mais raleado e degradado em decorrência de alta pressão de pastejo, maior que 1,4 animal por hectare; e (e) área cultivada com culturas de ciclo curto, sob consórcio de milho, mandioca e feijão há 35 anos.

Para cada uso, foi delimitada uma área amostral de aproximadamente 1 ha, na qual foram coletadas três amostras compostas, por 10 amostras simples, coletadas em zigue-zague pela área. As camadas

amostradas foram: 0–2,5; 2,5–5,0; 5,0–7,5; e 7,5–10 cm. A profundidade máxima de coleta das amostras foi de 10 cm, visando atender à recomendação técnica indicada para pasto estabelecido, já que, das cinco áreas estudadas, duas eram pastagem (25 e 30 anos). As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm, obtendo-se a TFSA.

Procedeu-se à determinação do C orgânico total (COT), de acordo com Embrapa (1997). O fracionamento da matéria orgânica do solo foi realizado com base na solubilidade dos compostos humificados em meio ácido e alcalino, conforme método descrito por Mendonça & Matos (2005). Utilizou-se solução diluída de NaOH 0,1 mol L⁻¹ na relação solo:extrator de 1:10 p/v. A fração insolúvel tanto em ácido como em álcali foi denominada de humina (HUM); a fração solúvel em meio alcalino e ácido, de ácidos fúlvicos (AF); e a solúvel em álcali e insolúvel em ácido, de ácidos húmicos (AH).

A determinação do C orgânico em cada fração (C-AF, C-AH e C-HUM) foi realizada pela oxidação com solução de dicromato de potássio a 0,167 mol L⁻¹ e ácido sulfúrico concentrado, com aquecimento em bloco digestor (Mendonça & Matos, 2005). Calculou-se, ainda, a relação C-AH/C-AF e o C humificado a partir da soma das três frações.

As amostras de solo secas ao ar foram submetidas a umedecimento prévio até atingirem 75 % da umidade na capacidade de campo, a fim de reativar a microbiota do solo. As amostras umedecidas foram deixadas em repouso por um período de 24 h (Gonçalves et al., 2002). A determinação do C da biomassa microbiana (C-BM) foi realizada pelo método de irradiação-extração descrito por Mendonça & Matos (2005), sendo a extração de C nas amostras irradiadas e não irradiadas realizada mediante a utilização de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, conforme Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988). O C da biomassa microbiana foi obtido pela diferença entre a quantidade de C das amostras irradiadas e a das não irradiadas, dividido por 0,33. O quociente microbiano (qMIC) foi obtido a partir da relação C-BM, dividido pelo COT, conforme Sparling (1992).

O C orgânico solúvel em água (CSA) foi obtido mediante método descrito por Mendonça & Matos (2005), utilizando-se como extrator água destilada na relação solo:extrator de 1:2. O C dos estratos irradiados e não irradiados, bem como o CSA, foi determinado por colorimetria, como sugerido por Bartlett & Ross (1988), usando como agente oxidante o permanganato de potássio em meio ácido.

Os resultados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), utilizando o software SAEG 9.0, considerando-se o delineamento inteiramente casualizado. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos apresentaram teores elevados de C orgânico total (COT) nas camadas superficiais, variando de 4,37 a 1,76 dag kg⁻¹ (Quadro 1). Esse fato pode relacionar-se às características geomorfológicas da área estudada, uma vez que os solos estão localizados em uma área denominada “brejo de altitude”, com altitude próxima a 800 m, o que favorece temperaturas mais amenas, com baixas taxas de decomposição da matéria orgânica, conforme demonstrado por von Lützw & Kögel-Knabner (2009).

O COT foi maior na área de capoeira, nas camadas de 0,0–2,5 e 2,5–5,0 cm, sendo esses valores de 4,37 e 3,18 dag kg⁻¹, respectivamente, havendo diferença significativa para a área de mata apenas na camada mais superficial (Quadro 1). A utilização do fogo pode diminuir ou aumentar o teor de C do solo, dependendo da severidade. Neste trabalho, o aumento do COT na área de capoeira pode estar associado ao aumento da queda de folhas, pela ação

incompleta do fogo. Para Knicker et al. (2005), o uso de fogo controlado pode acarretar produção de materiais parcialmente carbonizados e aumentar a queda de folhas, propiciando aumento no teor de C do solo. Ressalta-se ainda que, em condições de ocorrência de fogo incompleto ou por um curto período de tempo, a combustão não se realiza completamente, o que resulta no aumento da aromaticidade do C, proporcionando seu acúmulo no solo (Certini, 2005; Vergnoux, 2011). Resultados semelhantes foram observados por Araújo (2008) no Acre, o qual constatou maiores teores de C em ambiente de pastagens que tinham passado por um processo de conversão de floresta em pasto, mediante queima.

O efeito dos diferentes usos do solo na variação do C é evidenciado ao se compararem os teores de C da área sob mata com os das áreas sob pasto (30 e 25 anos) e culturas de ciclo curto. As áreas cultivadas com pasto por 30 anos, pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto apresentaram redução de 22, 32 e 49 %, respectivamente, no teor de COT

Quadro 1. Teores de carbono das frações ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH), humina (C-HUM), carbono orgânico total (COT) e relação C-AH/C-AF em Latossolo Amarelo húmico sob diferentes usos

Uso	C-AF	C-AH	C-HUM	COT	C-AH/C-AF
dag kg ⁻¹					
0,0–2,5 cm					
Mata Nativa	0,53 A	1,17 A	2,46 A	3,47 B	2,20 A
Capoeira	0,47 A	1,11 A	2,76 A	4,37 A	2,38 A
Pasto 30 anos	0,38 B	0,84 B	1,82 B	2,70 C	2,24 A
Pasto 25 anos	0,25 C	0,33 C	0,72 C	2,34 C	1,31 B
Culturas de ciclo curto	0,27 C	0,48 C	0,89 C	1,76 C	1,81 B
CV (%)	15,54	19,19	10,10	16,59	15,89
2,5–5,0 cm					
Mata Nativa	0,42 A	1,04 A	1,64 A	3,03 A	2,47 A
Capoeira	0,48 A	1,01 A	1,80 A	3,18 A	2,14 A
Pasto 30 anos	0,30 B	0,85 A	1,92 A	2,48 B	2,93 A
Pasto 25 anos	0,20 B	0,39 B	0,72 B	1,82 C	2,10 A
Culturas de ciclo curto	0,28 B	0,40 B	0,67 B	1,42 D	1,40 A
CV (%)	18,52	13,79	20,60	7,70	21,09
5,0–7,5 cm					
Mata Nativa	0,44 A	0,94 A	1,65 A	2,95 A	2,21 B
Capoeira	0,41 A	0,84 A	1,69 A	2,66 B	2,02 B
Pasto 30 anos	0,33 B	0,94 A	1,59 A	2,23 C	2,89 A
Pasto 25 anos	0,21 C	0,36 B	0,52 B	1,79 D	1,70 B
Culturas de ciclo curto	0,22 C	0,35 B	0,73 B	1,50 E	1,65 B
CV (%)	9,80	17,89	9,81	7,03	13,19
7,5–10,0 cm					
Mata Nativa	0,38 B	0,84 A	1,39 B	3,81 A	2,20 A
Capoeira	0,52 A	0,73 A	1,44 B	2,54 B	1,41 B
Pasto 30 anos	0,30 C	0,77 A	1,73 A	2,03 B	2,60 A
Pasto 25 anos	0,23 D	0,36 B	0,75 C	1,71 B	1,56 B
Culturas de ciclo curto	0,20 D	0,32 B	0,51 D	1,64 B	1,53 B
CV (%)	11,43	8,91	10,51	18,05	12,53

Médias seguidas de mesma letra, entre os diferentes usos e dentro de cada camada, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

da camada de 0,0–2,5 cm, quando comparadas à área de mata nativa, sugerindo que, ao se alterar o uso do solo, a MOS também sofre alterações, cuja intensidade varia conforme as práticas adotadas.

O C-HUM foi a fração que apresentou maior concentração, entre as demais substâncias húmicas, sob todas as coberturas vegetais, variando de 0,51 a 2,76 dag kg⁻¹ (Quadro 1). Loss et al. (2006), estudando a distribuição de substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais, também encontraram maiores valores médios para a fração humina em detrimento das demais frações. O maior teor de C-HUM pode estar relacionado ao maior grau de estabilidade dessa fração (Fontana et al., 2006), assim como aos maiores teores de argila em alguns solos, o que proporciona maior resistência à decomposição microbiana, devido à ligação mais estável com a fração mineral, favorecida pela formação de complexos estáveis ou complexos argilo-húmicos (Pinheiro et al., 2001).

Comparando as duas áreas sob pasto, observa-se que a área cultivada por 30 anos apresentou valores superiores de C-AF, C-AH e C-HUM em relação aos da área sob pasto por 25 anos, apontando diferença significativa em todas as camadas avaliadas. Pode-se notar ainda que, entre esses dois usos, ocorre redução média de cerca de 62 % no teor de C-HUM, 58 % no teor de C-AH e 32 % no teor de C-AF no pasto com 25 anos, demonstrando menor teor de C em todas as frações húmicas nesse sistema. As reduções nos teores de C das frações húmicas podem estar associadas ao maior nível de degradação do pasto de 25 anos, provavelmente devido à maior pressão de pastejo. Em contrapartida, como a área de pasto por 30 anos estava menos exposta ao pastejo contínuo (menor pressão de pastejo), detectou-se maior acúmulo das três frações húmicas. Reduções similares nos teores de C-HUM e C-AH também foram encontradas por Cardoso et al. (2010) em área com pastejo contínuo.

A relação C-AH/C-AF manteve-se acima de 1,0 em todos os usos, indicando predominância da fração mais evoluída (AH), o que demonstra maior condensação dos compostos húmicos (Cunha et al., 2005); há redução dessa relação com o aumento da profundidade apenas para a área de capoeira, o que evidencia maior mobilidade dos AF e maior concentração de AH na superfície do solo, como observado também por Perez et al. (2004).

De modo similar às frações húmicas, não foram observadas diferenças significativas para a relação C-AH/C-AF entre os usos de mata nativa e capoeira nas camadas estudadas, exceto para a de 7,5–10 cm (Quadro 1). Já os solos sob pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto apresentaram os menores valores, diferindo estatisticamente das áreas de mata e capoeira na maioria das camadas

avaliadas, o que indica menor grau de polimerização dos componentes húmicos nesses ambientes. Esse fato pode estar associado a uma menor atividade microbiana, aliada ao baixo aporte de resíduos orgânicos naquelas áreas, interferindo na formação de substâncias húmicas mais condensadas (Cunha et al., 2003).

Os teores do CSA variaram entre 291 e 104 mg kg⁻¹ ao longo dos 10 cm de profundidade, sendo os maiores obtidos nas áreas de mata e pastagem por 30 anos e os menores, nas áreas sob cultivo de culturas de ciclo curto (Figura 1a). Na camada de 0–2,5 cm, os teores de CSA foram maiores na mata e pasto por 30 anos, comparativamente a capoeira, pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto. O menor teor de CSA na capoeira provavelmente está associado à queima ocorrida, pois o fogo, dependendo da intensidade, altera tanto a qualidade quanto a quantidade da MOS (Certini, 2005; Vergnoux, 2011), podendo proporcionar perda de 50 % no teor de lignina e compostos solúveis em água. Já na camada de 2,5–5,0 cm de profundidade, o CSA da capoeira foi igual ao da mata e pasto por 30 anos, possivelmente devido à maior distância da influência do fogo. As áreas com pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, até profundidade de 5 cm, apresentaram os menores teores de CSA. A partir da camada de 5,0–7,5 cm, não foram observadas diferenças para CSA entre os usos.

Observou-se redução de 41, 21, 54 e 64 % no teor de CSA para as áreas de capoeira, pasto por 30 anos, pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, quando comparados à mata, na primeira camada avaliada. Com o aumento da profundidade, as reduções foram cada vez menores para pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, nas camadas de 2,5–5,0, 5,0–7,5 e 7,5–10 cm. Observou-se, ainda, que mais de 50 % do CSA ocorreu nas camadas de 0–2,5 e 2,5–5,0 cm, nos solos cobertos com mata nativa, capoeira e pasto por 30 anos. Nos usos pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto ocorre o contrário, provavelmente devido a maior pressão de pastejo e revolvimento do solo. Esses resultados são corroborados por Duda et al. (2003) e Zhang et al. (2011), que encontraram maior acumulação do CSA nas camadas de 0–2,5 e 2,5–5,0 cm de profundidade.

O solo coberto com mata, capoeira e pasto por 30 anos teve os maiores teores de C-BM, não diferindo estatisticamente em todas as camadas (Figura 1b). Apenas houve diferença nas áreas sob pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto. Avaliando apenas o uso capoeira, percebe-se que o C-BM, na camada de 0–2,5 cm, apresentou teor médio inferior ao da camada subsequente, sendo essas médias de 275,85 contra 329,83 mg kg⁻¹. Isso indica, provavelmente, a influência negativa do fogo na atividade microbiana nessa profundidade e o restabelecimento da atividade microbiana a

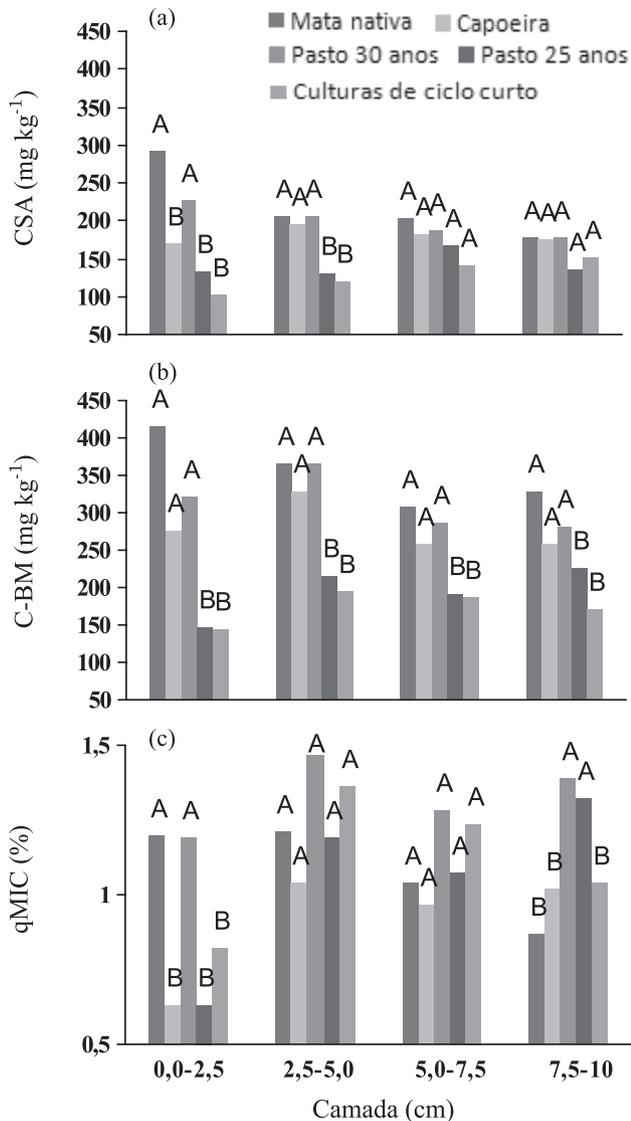


Figura 1. Valores de C orgânico solúvel em água (CSA) (a), carbono da biomassa microbiana (C-BM) (b) e quociente microbiano (qMIC) (c) em Latossolo Amarelo húmico estudado. Médias seguidas de mesma letra, entre os diferentes usos e dentro de cada camada, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 %.

partir da camada de 2,5–5,0 cm. Nos tratamentos com presença de fogo, os valores do C-BM foram maiores na camada de 2,5–5,0 cm que na camada superficial, o que reflete a influência da queima e da alta temperatura sobre a atividade microbiana. A mortalidade dos microrganismos pela ação do fogo pode ser devido a aumento da temperatura do solo, limitação de C (Dooley & Treseder, 2011) e produção de compostos tóxicos durante o processo de queima (Knicker, 2007).

Considerando-se o solo coberto com mata nativa, foram observadas reduções de 33, 22, 64 e 65 % nos

conteúdos de C-BM para as áreas de capoeira, pasto por 30 anos, pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, respectivamente. Essas reduções refletem o impacto causado pelos diferentes sistemas de cultivo nos solos avaliados. Reduções no C microbiano também foram observadas por D'Andréa et al. (2002) em área de Cerrado nativo utilizada para instalação de pastagem e cultivos agrícolas. Essas reduções foram menos expressivas quando avaliados os teores de COT, principalmente, nas áreas sob capoeira, pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, o que demonstra a importância do C-BM no estudo das alterações nas propriedades do solo provocadas pela remoção da vegetação.

Verificou-se que o uso agrícola com pasto por 25 anos e cultivo com culturas de ciclo curto conduziu a uma redução do C-BM na superfície do solo, o que também foi observado no pasto por 30 anos. Contudo, o sistema de pastagem por 30 anos está recuperando esse valor, o que aparentemente não está acontecendo com o pasto por 25 anos, podendo ser um indicativo de ambiente de maior degradação.

De modo geral, o CSA seguiu o mesmo padrão do C-BM, com maiores teores nos usos sob mata, capoeira e pasto por 30 anos, demonstrando intrínseca relação entre essas variáveis (Figura 1a,b). Duda et al. (1999), avaliando as frações da MOS para caracterização de áreas degradadas, observaram que a área sob mata secundária apresentou menores teores de CSA que a cultivada com pastagem nativa. Nesse estudo, os autores relacionaram os menores teores de CSA às maiores concentrações de C mais resistentes na área sob mata secundária que na pastagem nativa e, ainda, observaram correlações positivas entre o CSA e o C-BM.

Resultados divergentes com relação à contribuição das pastagens no conteúdo de COT e C-BM são frequentes na literatura, comprovando que a dinâmica do C está diretamente relacionada com a capacidade produtiva da pastagem. Segundo Alves et al. (2008), uma pastagem produtiva com alta taxa de reciclagem de raízes mostra o potencial desse sistema em fornecer C ao solo, tendo condições de aumentar o conteúdo desse nutriente ou, pelo menos, manter os níveis observados em áreas de vegetação nativa.

Avaliando o quociente microbiano, qMIC, observa-se efeito negativo do uso nos solos sob capoeira, pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto. Já nas camadas intermediárias (2,5–5,0 e 5,0–7,5 cm) não houve diferenças estatísticas entre os usos (Figura 1c). As menores relações C-BM/COT (qMIC), observadas na área sob cultivo de culturas de ciclo curto em todas as camadas, sugerem perdas de COT no sistema (Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues, 2008). No presente estudo, os maiores valores de qMIC foram observados nas áreas sob mata e pasto por 30 anos na camada superficial do

solo, não diferenciando entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % (Figura 1c). Os menores valores do qMIC na área de capoeira podem estar associados ao efeito danoso do fogo; já no pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, eles são decorrentes da maior pressão de pastejo (D'Andréa et al., 2002) e do preparo do solo para plantio, respectivamente.

Em geral, todas as variáveis estudadas indicaram diferenças entre o uso mais preservado (mata) e os demais, em que as culturas de ciclo curto são caracterizadas como as de maiores alterações, distanciando-se mais do padrão. Estudos que avaliem essas alterações ao longo do tempo devem ser desenvolvidos para que se esclareça a evolução dos processos que envolvem as diversas frações da MOS nesses sistemas.

CONCLUSÕES

1. As áreas cultivadas com pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto tiveram reduções nos teores de C orgânico nas diferentes frações estudadas em relação à área sob mata, notadamente na camada mais superficial.

2. A área com pasto por 30 anos apresentou maiores teores de C nas substâncias húmicas, quando comparada à área sob pasto por 25 anos, em todas as camadas avaliadas.

3. Os teores de C-BM e CSA reduziram com maior intensidade entre os usos sob pasto por 25 anos e culturas de ciclo curto, quando comparados aos teores de COT, demonstrando ser mais sensíveis em apontar mudanças no estado da MOS que o COT.

LITERATURA CITADA

- ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P. & BODDEY, R.M. Dinâmica do carbono em solos sob pastagem. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.561-569.
- ARAÚJO, E.A. Qualidade do solo em ecossistemas de mata nativa e pastagens na região leste do Acre, Amazônia Ocidental. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2008. 233p. (Tese de Doutorado)
- BARTLETT, R.J. & ROSS, D.S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:191-1192, 1988.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N. & FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. *Pesq. Agropec. Bras.*, 45:1028-1035, 2010.
- CARDOSO, M.O. Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo. *R. Agropec. Técnica*, 25:1-12, 2004.
- CERTINI, G. Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143:1-10, 2005.
- CUNHA, T.J.F.; RIBEIRO, L.P.; SILVA, E.F. & CONCEIÇÃO, M. Caracterização e natureza do húmus de Latossolos Amarelos coesos de tabuleiros na região do recôncavo baiano. *Magistra*, 15:147-154, 2003.
- CUNHA, T.J.F.; CANELAS, L.P.; SANTOS, G.A. & RIBEIRO, L.P. Fracionamento da matéria orgânica humificada em solos brasileiros In: CANELLAS, L.P. & SANTOS, G.A., org. *Humosfera. Campos dos Goitacazes, UENF*, 2005. p.54-80.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:913-923, 2002.
- DOOLEY, S.R. & TRESEDER, K.K. The effect of fire on microbial biomass: A meta-analysis of field studies. *Biogeochemistry*, DOI 10.1007/s10533-011-9633-8, 2011.
- DUDA, G.P.; CAMPELLO, E.F.C.; MENDONÇA, E.S.; LOURES, J.L. & DOMINGOS, M. Avaliação de frações da matéria orgânica do solo para caracterização de áreas degradadas. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:723-728, 1999.
- DUDA, G.P.; GUERRA, J.G.M.; MONTEIRO, M.T. & DE-POLLI, H. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Sci. Agric*, 60:139-147, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; CUNHA, T.J.F. & SALTON, J.C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:847-853, 2006.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.159-170.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:893-901, 2005.
- GONÇALVES, A.S.; MONTEIRO, M.T.; GUERRA, J.G.M. & DE-POLLI, H. Biomassa microbiana em amostras de solos secadas ao ar e reumedecidas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:651-658, 2002.

- GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G.A.; SILVA, L.S. & CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008.
- KNICKER, H. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry*, 85:91-118, 2007.
- KNICKER, H.; GONZÁLEZ-VILA, F.J.; POLVILLO, O.; GONZÁLEZ, J.A. & ALMENDROS, G. Fire-induced transformation of C- and N- forms in different organic soil fractions from a Dystric Cambisol under a Mediterranean pine forest (*Pinus pinaster*). *Soil Biol. Biochem.*, 37:701-718, 2005.
- LIANG, B.C.; MacKENZIE, A.F.; SCHNITZER, M.; MONREAL, C.M.; VORONEY, P.R. & BEYAERT, R.P. Management-induced change in labile soil organic matter under continuous corn in eastern Canadian soils. *Biol. Fert. Soils*, 26:88-94, 1998.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G. & BRITO, G.P. Distribuição das substâncias húmicas em solos de Tabuleiro sob diferentes coberturas vegetais. *R. Univ. Rural Sér. Ci. Vida*, 26:68-77, 2006.
- MARSCHNER, B. & KALBITZ, K. Controls of bioavailability and biodegradability of dissolved organic matters in soils. *Geoderma*, 13:211-235, 2003.
- MENDONÇA, E.S. & MATOS, E.S. Matéria orgânica do solo; Métodos de análises. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.1-5.
- OLDEMAN, L.R. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D.J. & SZABOCLS, I., eds. Soil resilience and sustainable land use. Wallingford, Cab International, 1994. p.99-118.
- PEREZ, A.M.M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. & COSTA, L.M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. *R. Agropec. Técnica*, 25:25–36, 2004.
- PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, G.M.; ANJOS, L.H.C. & EBELING, G.A. Frações da matéria orgânica em diferentes sistemas de cultivo de oleráceas e cobertura do solo, após seis anos de cultivo em Latossolo Vermelho-Amarelo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, Viçosa, 2001. Anais... Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. p.126-127.
- PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; ERNERTO, C.; SCHAEFER, G.R. & WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2091-2100, 2008.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G. & GUILHERME, L.R.G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. *Ci. Agrotecnol.*, 32:429-437, 2008.
- SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275–374.
- SILVEIRA, R.B.; MELLONI, R. & MELLONI, E.G.P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas em Itajuba/MG. *Cerne*, 12:48-55, 2006.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISS, B.M.; HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R.Z.S. Microrganismos e processos biológicos do solo: Perspectiva ambiental. Brasília, Embrapa/SPI, 1994. 142p. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 45)
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Austr. J. Soil Res.*, 30:195–207, 1992.
- TATE, K.R.; ROSS, D.J. & FELTHAM, C.W. A direct extraction method to estimate microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Biochem.*, 20:329-335, 1988.
- VANCE, E.D.; BROOKS, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, 19:703-707, 1987.
- VERGNOUX, A.; DI ROCCO, R.; DOMEIZEL, M.; GUILIANO, M.; DOUMENQ, P. & THÉRAULAZ, F. Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV–vis and fluorescence spectroscopy approaches. *Geoderma*, 160:434-443, 2011.
- VERGUTZ, L.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; BARROS, N.F.; NUNES, T.N. & PIAU, A.A.M. Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:43-57, 2010.
- VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Uma revisão sobre qualidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:743-755, 2009.
- von LÜTZOW, M. & KÖGEL-KNABNER, I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition. What do we know? *Biol. Fert. Soils*, 46:1-15, 2009.
- ZHANG, M.; HE, Z.; ZHAO, A.; ZHANG, H.; ENDALE, D.M. & SCHOMBERG, H.H. Water-Extractable soil organic carbon and nitrogen affected by tillage and manure application. *Soil Sci.*, 176:307-312, 2011.