



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Frações de Fósforo e Carbono Orgânico em Latossolos de Cerrado Sob Diferentes Usos

José Zilton Lopes Santos⁽¹⁾; Antonio Eduardo Furtini Neto⁽²⁾, Alvaro Vilela de Resende⁽³⁾, Leandro Flávio Carneiro⁽⁴⁾ & Nilton Curi⁽²⁾

⁽¹⁾ Professor Adjunto, Depto. de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Amazonas, Av. Gen. Octávio Jordão Ramos 3000 - Minicampus - Coroado, Setor Sul - Bloco A, Faculdade de Ciências Agrárias, CEP: 69077 - 000, Manaus - AM, ziltlonlopes@ufam.edu.br; ⁽²⁾ Professores Depto. de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA, Caixa Postal 3037 Lavras - MG, CEP: 37200 - 000, Bolsistas do CNPq; ⁽³⁾ Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG, CEP: 35701- 970; ⁽⁴⁾ Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Rodovia MS 306 Km 6, Zona Rural CEP: 79540-000 - Cassilândia, MS - Brasil.

RESUMO-A identificação das formas orgânicas de P associadas a diferentes compartimentos da matéria orgânica pode auxiliar na compreensão da dinâmica desse nutriente e colaborar para o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de insumos industriais. Objetivou-se com o presente estudo avaliar algumas frações de carbono e fósforo orgânico e grau de interação entre essas frações em diferentes Latossolos de Cerrado sob diferentes históricos de uso. Foram utilizadas amostras da camada de 0-20 cm de profundidade de quatro Latossolos: (LVd1) textura argilosa, (LVAd1) textura média, (LVAd2) textura média baixa e (LVd2) textura média alta. As amostras foram coletadas em locais cultivados há vários anos, com calagem e adubações fosfatadas periódicas e, também, em áreas adjacentes não cultivadas (sob cerrado nativo). Independente do histórico de uso do solo há uma predominância de Po moderadamente lábil e carbono na fração humina. O Po lábil parece mais associado as frações CSA e AF enquanto o Po moderadamente lábil está mais relacionado ao ácido húmico, porém, o estoque dessas frações de carbono é dependente da textura e do histórico de uso do solo.

Palavras-chave: Substâncias húmicas, formas de P e solos tropicais.

INTRODUÇÃO - O fósforo (P) é entre os elementos essenciais, o que mais limita o crescimento, desenvolvimento e produtividade da maioria das culturas em solos altamente intemperizados. Nesses solos, predomina formas inorgânicas de P ligadas à fração mineral com alta energia e formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente (Rheinheimer & Anghinoni, 2001), cuja proporção e a labilidade dessas formas podem variar em função do sistema de manejo adotado e o histórico de uso do solo.

Segundo Rheinheimer (2000) a fração orgânica de P (Po) pode contribuir com 20 - 80% do P total na camada de 0-20 cm. Após a hidrólise do Po, esse compartimento constitui uma importante fonte de P, principalmente em

condições de cultivo sem o suprimento de fertilizantes fosfatados.

Apesar da magnitude do Po no solo, ainda não é possível recomendar o manejo deste nutriente baseado apenas no seu estoque no solo. Entre outros fatores, isto deve estar relacionado à ausência de extratores de rotina que quantifiquem o Po e também ausência de um melhor entendimento da interação entre as frações de P e carbono (C) no solo.

A dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) é afetada pelos diferentes manejos e histórico de uso do solo. Logo, além de quantificar o carbono orgânico total (COT) é necessário o fracionamento deste, pois assim, aumentará a sensibilidade na diferenciação do comportamento químico, físico e microbiológico dos solos quando submetidos a diferentes usos. Considerando que as frações de Po estão associadas a MOS em diferentes graus de labilidade, é provável que a compreensão da interação dessas frações possa auxiliar no entendimento da dinâmica do Po no solo. Entre as principais frações de carbono, sensível ao manejo destaca-se o carbono solúvel em água (CSA) e as frações húmicas. O CSA é considerado a fração mais lábil e reativa de C no solo, representando a fase inicial da degradação dos materiais orgânicos adicionados ao solo. Desempenha papel importante nos processos de ciclagem de nutrientes, além de ser considerada a fração mais biodegradável da MOS e a principal fonte de energia para os microrganismos (Marschner & Kalbitz, 2003).

As frações húmicas são constituídas por moléculas complexas, heterogêneas e polidispersas, modificadas química e biologicamente (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). 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).

Busato et al. (2005), avaliando as espécies de P em ácidos húmicos em um Cambissolo Háplico Ta eutrófico

Vértico, na profundidade de 0-20cm, cultivado com cana-de-açúcar com preservação do palhico e adição de vinhaça (55 anos). Verificaram a presença de P associado à ácidos húmicos e com ligações exclusivas do tipo diésteres predominando em relação aos demais compostos. Segundo estes autores, os manejos que preservam os resíduos vegetais ocasionam, além da maior disponibilidade de P, acúmulo de reservas desse nutriente mais prontamente disponível nas frações humificadas com o P associado à ácido nucléico, fosfolipídios e compostos diésteres. Por outro lado, o elevado grau de humificação da matéria orgânica nos solos com maior perturbação agrícola pode colaborar para o acúmulo de formas de Po mais estáveis nos ácidos húmicos como o compostos monoésteres.

Diante do exposto, a identificação das formas orgânicas de P associadas a diferentes frações de C, poderá auxiliar na compreensão da dinâmica desse nutriente no solo e colaborar para a prática de uma agricultura menos dependente de insumos industriais.

Objetivou-se com o presente estudo avaliar algumas frações de carbono e fósforo orgânico e o grau de interação entre essas frações, em diferentes Latossolos de Cerrado sob diferentes históricos de uso

MATERIAL E MÉTODOS - O estudo foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se amostras de quatro Latossolos: um Latossolo Vermelho distrófico (LVd1) textura argilosa, um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd1) textura média, um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd2) textura média baixa e um Latossolo Vermelho distrófico (LVd2) textura média alta. Os solos foram coletados na Fazenda Alto Alegre (Planaltina de Goiás-GO), na camada de 0-20 cm, em locais cultivados há vários anos e em áreas adjacentes não cultivadas (sob cerrado nativo).

O LVd1 e o LVAd1 apresentavam-se sob o sistema de plantio direto (SPD) há mais de dez anos. Nesse período foi feito um preparo com arado de aiveca no primeiro solo e uma subsolagem no segundo, de forma que, à época da coleta, estavam com seis e quatro anos de plantio direto contínuo, respectivamente. Essas duas áreas vinham sendo cultivadas com soja e milho em sistema de sucessão, e, recebendo uma adubação fosfatada média anual de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em 2000/2001, o LVd1 recebeu, também, uma adubação corretiva com 650 kg ha⁻¹ de fosfato reativo de Gafsa (28% de P₂O₅ total).

O LVd2 e o LVAd2 foram usados com pastagem de capim braquiária (*Brachiaria brizantha*, cultivar Marandu) de 1986 a 1999, cultivados com soja e milho por cinco safras (sendo que antes da última foi feita uma subsolagem), e, novamente, braquiária por três anos. Para as culturas anuais, foram fornecidos, em média, 88 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅. Em 1999/2000, os dois solos receberam adubação corretiva com 650 kg ha⁻¹ de fosfato reativo de Gafsa. Para cada uso foi delimitada uma área homogênea de aproximadamente 10 m², onde foram coletadas três amostras de solo e posteriormente preparadas para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida foram submetidas às análises químicas e físicas: pH em H₂O (5,5 e 5,7; 4,9 e 7,0; 5,2 e 5,8; 5,2 e 5,7); P-resina (3,6 e 37,0; 3,2 e 13,2; 2,8 e 35,3; 3,1 e 12,9 mg dm⁻³);

matéria orgânica (32,0 e 28,0; 25,0 e 25,0; 21,0 e 27,0; 25,0 e 25,0 g kg⁻¹); P-remanescente (9,8 e 14,6; 15,4 e 19,9; 23,2 e 36,0; 26,7 e 32,6 mg L⁻¹) e Argila (570 e 570; 320 e 330; 200 e 210; 130 e 150 g kg⁻¹) para os solos LVd1, LVd2, LVAd1 e LVAd2 nas condições não cultivada e cultivada, respectivamente.

O fracionamento do Po foi feito conforme Hedley et al., (1982), com adaptação para o uso de terra fina seca ao ar (TFSA), obtendo-se as frações orgânicas lábeis (Po bic), moderadamente lábeis (Po NaOH 0,1M) e não lábeis (Po NaOH 0,5M).

O fracionamento químico do carbono orgânico foi feito de acordo com Benites et al., (2003), obtendo-se as frações carbono ácido fúlvico (AF), carbono ácido húmico (AH) e carbono humina (H). Com base no COT e nas frações de C foram obtidos o índice de humificação (IH) e a relação AH/AF. Calculou-se ainda o carbono solúvel em água conforme Mendonça & Matos (2005),

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e, quando o F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico SAEG 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - Os maiores valores de P orgânico total acumulado, foram observados no solo LVd1 na condição não cultivada enquanto que os menores valores foram proporcionados pelo solo LVAd1 na condição cultivada (Tabela 1). Tal comportamento, provavelmente está relacionado à maior preservação da matéria orgânica no solo LVd1, em função da mineralogia e também a textura mais argilosa. De modo geral, os maiores valores de Po estava na fração NaOH 0,1M, principalmente nos solos mais argilosos (LVd1 e LVd2) e na condição não cultivada. Por outro lado, verifica-se que com o cultivo dos solos houve um aumento do Po na fração NaOH 0,5, compartimento pouco lábil (Hedley et al., 1982). Segundo Adams (1990) em áreas onde o solo não sofreu perturbação recente, há um maior acúmulo de P em ligações diésteres (Po mais lábil) e diminuição da participação do P monoéster (Po pouco lábil).

Quanto à fração considerada de maior labilidade (Po bic), os maiores valores foram observados na condição cultivada, exceto no LVd2 que apresentou os maiores valores na condição não cultivada. Isto provavelmente está relacionado com o aumento na mineralização da matéria orgânica (Tabela 2) e o manejo feito ao longo dos anos proporcionando uma maior disponibilidade e consequentemente absorção de P e incorporação no compartimento orgânico. Nota-se que apesar desses solos apresentarem teores de argila bem diferentes, o histórico de uso e manejo (plantio direto por mais de 10 anos) nos solos LVd1 e LVAd1 promoveu os maiores valores de P orgânico lábil na condição cultivada em comparação aos demais solos e tipo de manejo.

De modo geral, os maiores teores de carbono orgânico total foram verificados no solo com maior teor de argila (Tabela 2), principalmente na condição de cerrado natural. De modo geral, a transformação de ecossistemas naturais em áreas de exploração agrícola promove uma redução do conteúdo de carbono do solo, o que pode ser justificado pela menor entrada e também aceleração da oxidação da matéria orgânica.

Quanto à fração CSA, os maiores valores foram observados no solo LVAd2, independente do histórico de uso. Neste caso, tal comportamento parece ser justificado pelos menores teores de argila. Além disso, o cultivo com braquiária parece ser mais efetivo em aumentar o CSA quando comparado ao sistema plantio direto (SPD).

No caso das substâncias húmicas, o comportamento das mesmas foram semelhantes àsqueles encontrados para o COT. De modo geral, os maiores valores dessas frações foram encontrados nos solos com maior teor de argila, independente do histórico de uso. Neste caso, as argilas promovem uma maior proteção da MOS contra o ataque dos microrganismos, contribuindo para sua preservação. Para a fração ácido fúlvico, verifica-se os maiores valores nos solos LVd1 e LVd2. Porém, quando avalia a influência do histórico de uso e tipo de manejo, nota-se que os solos que estavam sob SPD há mais de 10 anos tende a apresentar uma maior quantidade de C nessa fração em relação àsqueles que estavam sob braquiária. Além disso, há uma tendência dos maiores valores dessa fração de C serem encontrados nos solos na condição não cultivada (Tabela 2). No caso da fração ácido húmico, este comportamento foi observado apenas para os solos que estavam sob o cultivo por braquiária (Tabela 2). Em relação à fração humina, verifica-se que esta concentra a maior quantidade de C entre as substâncias húmicas, independente do histórico de uso do solo. Tal comportamento pode estar relacionado a um maior grau de estabilidade dessa fração (Fontana et al., 2006) nestes tipos de solo. Comparando a predominância das três frações de C, nota-se que nos solos cultivados essas tendem a ocorrer na seguinte ordem forma: C-HUM>C-AH>C-AF (Tabela 2).

Em relação ao IH, nota-se que os maiores valores foram proporcionados pelos solos nas condições cultivadas, exceto o LVd2 (Figura 1A), e o efeito da textura parece predominar em relação ao histórico de uso no processo de humificação. A relação AH/AF variou entre solos e histórico de uso, sendo os maiores valores observados para os solos LVAd1 na condição cultivada e LVAd2 em ambas as condições (Figura 1B), e o cultivo com plantio direto promoveu uma maior degradação da fração AF e concentração do C em AH.

Observa-se que com o cultivo dos solos houve um aumento da fração Po bic e aumento na fração carbono AH, exceto no solo LVd2. Tais resultados corroboram em parte com aqueles encontrados por Busato et al. (2005) que verificaram que o P associado às frações AH apresentaram em ligações diésteres, que é considerada também uma fração lábil de P. Mediante estudos de correlação (dados não apresentados), no presente estudo verificou-se que as frações de Po bic apresentaram um alto grau de correlação com CSA, principalmente na condição não cultivada, exceto o solo LVd2. No caso dos solos cultivados, correlações foram observadas entre o Po bic e C-AF, exceto o solo LVd1 que apresentou a maior correlação com o CSA. Por outro lado, o Po NaOH 0,1M correlacionou estreitamente com a fração C-AH em ambas condições de cultivo.

CONCLUSÕES - Independente do histórico de uso do solo há uma predominância de Po moderadamente lábil e carbono na fração humina. O Po lábil parece mais associado as frações CSA e AF enquanto o Po moderadamente lábil está mais relacionado ao ácido húmico, porém, o estoque dessas frações de carbono é dependente da textura e do histórico de uso do solo.

AGRADECIMENTOS – À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pelo financiamento concedido para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M.A. ³¹P-NMR identification of phosphorus compounds in neutral extracts of mountain ash (*Eucalyptus regnans* F. Muell.) soils. *Biol. Biochem.*, 22:419-421, 1990.
- BENITES, V.M.; MÁDARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 7p. (Comunicado Técnico).
- BUSATO, J.G.; CANELLAS, L.P. RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X. Fósforo num cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. II - Análise de ácidos húmicos por RMN ³¹P. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:945-953, 2005.
- 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.
- GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A. & FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 31:291-299, 1996.
- HEDLEY, M.J.; STEWARD, W.B. & CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fraction induced by cultivation practices and laboratory incubation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:970-976, 1982.
- 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: UFV, 2005. 107p.
- RHEINHEIMER, D.S. & ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:151-160, 2001.
- RHEINHEIMER, D.S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos.** 2000. 211. Tese (Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- FERTBIO 2012 Maceió (AL), 17 a 21 de setembro -

- Resumo Expandido -

Tabela 1. Frações de fósforo orgânico nos solos LVd1, LVAd1, LVAd2 e LVd2, na condição cultivada (C) e não cultivada (NC).

Solos	Histórico de uso	Po bic	Po NaOH	Po NaOH	Po total
			0,1M	0,5M	
-----mg dm ⁻³ -----					
LVd1	NC	34,87c	192,91a	12,50b	240,28a
	C	56,45a	146,78c	22,80a	224,01b
LVAd1	NC	15,05g	100,96d	1,97d	119,04e
	C	48,16b	27,44f	12,19b	91,76g
LVAd2	NC	18,15f	85,79e	0,55d	104,49f
	C	31,44d	142,99c	6,36c	180,80d
LVd2	NC	24,14e	177,26b	2,76cd	200,12c
	C	19,17f	171,09b	13,04b	204,57c
C.V. (%)		3,87	3,59	17,33	1,67

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Tabela 2. Teores de carbono orgânico total (COT) e nas frações da matéria orgânica: carbono solúvel em água (CSA), ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (HUM) nos solos LVd1, LVAd1, LVAd2 e LVd2, na condição cultivada (C) e não cultivada (NC).

Solos	Histórico de uso	COT	CSA	AF	AH	HUM
LVd1	NC	18,48a	7,64b	4,12a	2,91b	5,39a
	C	16,92b	4,92f	3,44b	3,49a	4,71b
LVAd1	NC	10,15e	7,23c	1,88d	1,88e	3,10e
	C	10,93e	5,55 e	1,85d	2,76c	3,53d
LVAd2	NC	11,89d	8,52a	1,94d	2,67c	3,65d
	C	8,33f	8,42a	1,61e	2,22d	2,36f
LVd2	NC	11,98d	5,10f	2,62c	2,83b	3,77d
	C	14,84c	6,21d	1,70e	1,57f	4,23c
C.V. (%)		4,52	2,57	2,42	2,83	4,29

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

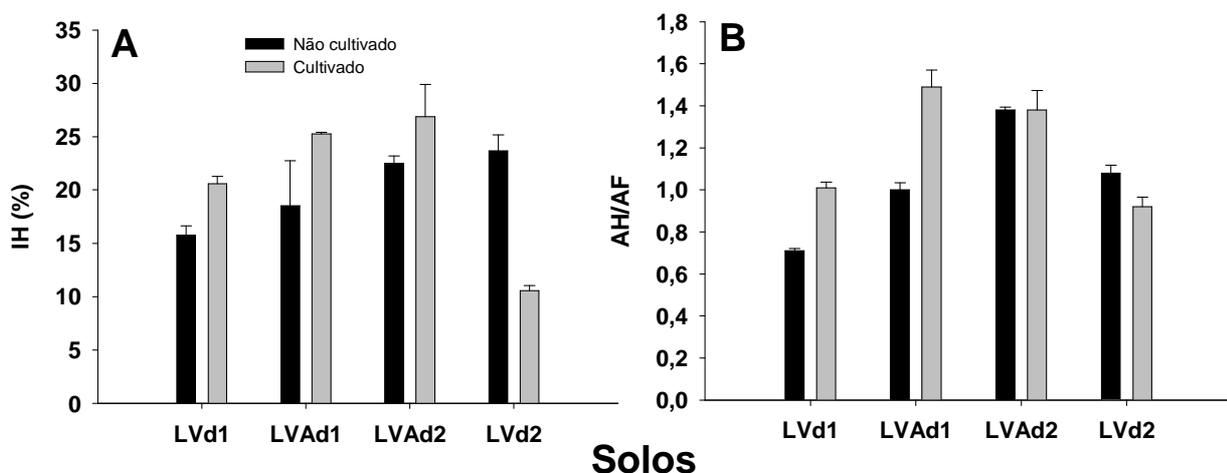


Figura 1. Índice de Humificação (IH) (A) e relação ácido húmico (AH) ácido fúlvico (AF) (B) nos solos LVd1, LVAd1, LVAd2 e LVd2, na condição cultivada e não cultivada.