

Fosfatase ácida e alcalina em solo sob manejo do sistema integração lavoura pecuária e floresta

Elwira Daphinn Silva Moreira⁽¹⁾; Ivanildo Evódio Marriel ⁽³⁾; Claudinei Alves dos Santos⁽¹⁾; Jaíne Cristine da Costa de Sousa⁽⁴⁾; Miguel Marques Gontijo Neto⁽³⁾; Ângela Maria Quintão Lana⁽²⁾ Christiane Abreu de Oliveira Paiva⁽³⁾

⁽¹⁾ Doutorandos em Zootecnia; Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG; daphinn@yahoo.com. ⁽²⁾ Professora/PHD; Universidade Federal de Minas Gerais br ⁽³⁾ Doutor/Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, Minas Gerais ⁽⁴⁾ Graduanda em Engenharia Ambiental; Centro Universitário – UNIFEMM

RESUMO: Avaliou-se atividades fosfatases ácida e alcalina em solo de Sete Lagoas, MG, sob condições de uso do solo. O experimento foi instalado em dezembro de 2009 na Embrapa Milho e Sorgo, num Latossolo Vermelho distrófico. Os tratamentos consistiram de áreas com sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) com eucalipto no arranjo (3 x 2) + 15 m em duas épocas de implantação novembro de 2009 e 2011 em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Piatã. Nos três primeiros anos foram plantados o milho nas entrelinhas do eucalipto no espaçamento 0,90 m. Foram plantadas a pastagem Piatã em monocultivo nos anos de 2009 e 2011, além do tratamento mata nativa Cerrado. As amostras de solo foram coletadas a distâncias de 0,5; 1,25; 3,0 e 7,0 m a partir do componente arbóreo e nas profundidades de 0-5 cm e 60-100 cm do solo. Determinou-se a atividade das fosfatases ácida e alcalina. Para fosfatase ácida, não houve diferença entre os sistemas iLPF ($p > 0,05$), enquanto, as profundidades foram significativas. A profundidade superficial mostrou-se superior à profundidade 60-100 cm do solo, independente da época de implantação e da distância em relação ao eucalipto. Pode ser devido ao maior aporte de biomassa microbiana nas camadas superiores do solo, promovendo maior atividade biológica. Na pastagem de 2009, a fosfatase alcalina apresentou 5,213 e 1,940 $\mu\text{mol NPP g MF}^{-1} \text{ h}^{-1}$ nas camadas superficial e mais profunda, respectivamente. Assim, a atividade de fosfatase gera respostas rápidas a mudanças no ambiente, indicando alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo.

Termos de indexação: sistemas integrados, fósforo, *Urochloa brizantha* cv. Piatã

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é considerado um dos nutrientes mais limitantes à produtividade dos

agroecossistemas nos solos tropicais. De acordo com Sayal & De Datta (1991) o P lábil, possui a função de regular o P da solução do solo sendo absorvido pelas plantas, altera em decorrência dos mecanismos físico-químicos e bioquímicos que acontecem no solo, tais como depleção de P pelas raízes das plantas, imobilização e mineralização das frações orgânicas e adsorção e dessorção das frações inorgânicas.

Tiessen et al. (1984) evidenciam que a maioria dos solos apresenta fosfato de cálcio no material de origem, sendo hidrolisado durante o seu desenvolvimento para atender sua solução em P. Este pode fixar-se à superfície dos minerais, precipitar-se com vários cátions, ou ser incorporado na biomassa e na matéria orgânica do solo.

Diferentes sistemas de uso e manejo do solo podem interferir nas formas de P do solo, principalmente as orgânicas (MATOS, et al., 2006), por estarem diretamente relacionadas com a atividade biológica do solo (CONTE et al., 2002). O P orgânico é transformado em P solúvel pela ação das fosfatases, enzimas secretadas pelas raízes das plantas e pelos microrganismos do solo que catalisam a hidrólise de ésteres de fosfatos, liberando fosfato solúvel (PO_4^-).

Na busca por opções que permitam o incremento na produtividade agrícola conciliando com a conservação e aumento da qualidade do solo tem se destacado o sistema iLPF como opção relevante na recuperação de áreas de produção animal, promovendo atividades microbiológicas do solo.

Stieven et al. (2014) verificaram que as atividades enzimáticas no sistema iLPF se mantiveram mais estáveis entre os períodos seco e chuvoso e ligeiramente superiores aos demais sistemas de rotação e floresta nativa. O iLPF apresentou impactos positivos na microbiota do solo.

Dessa forma, indicadores de qualidade do solo têm sido empregados e interpretados para inferir sobre a sustentabilidade dos sistemas de uso do solo. A atividade enzimática fornece uma avaliação

integrada do estado biológico do solo porque está diretamente relacionada com a comunidade microbiana. Além disso, é de fácil mensuração, e geralmente tem baixo custo, além de apresentar resposta rápida a mudanças no uso e manejo do solo (PEIXOTO et al., 2010), refletindo aspectos do funcionamento do ecossistema.

Neste trabalho avaliou-se a atividade das fosfatases ácida e alcalina em solos tipo Latossolo Vermelho distrófico, em diferentes condições de uso do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi implantado em 2009 na Unidade Demonstrativa do Sistema Integração Lavoura-Pecuária (UD-iLPF) da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, situado na rodovia MG 424 Km 45, Zona Rural do município Sete Lagoas - MG, localizada a 19° 28' S e 45° 15' W e com altitude de 732 m. O clima local é considerado tropical de altitude (tipo Cwa segundo Kopen), com estações do ano bem definidas: inverno seco, de maio a outubro e verão chuvoso, de novembro a abril. O mês mais quente tem temperatura média de 22 °C e o mês mais frio, de 18 °C.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), com relevo suave ondulado e cerrado subcaducifólio, cujas características químicas foram: pH = 5,22; Ca = 2,47 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,24 cmol_c dm⁻³; Al = 0,90 cmol_c dm⁻³; P (Mehlich) = 15,23 mg dm⁻³; K = 41,51 cmol_c dm⁻³; SB = 2,82 cmol_c/dm³; Cu = 0,58 mg dm⁻³; Fe = 46 mg dm⁻³; Mn = 8,44 mg dm⁻³; Zn = 1,29 mg dm⁻³; V = 22,61%; M.O. = 4,94 g dm⁻³. O componente florestal no sistema foi formado por mudas clonais de um híbrido de eucalipto, GG 100 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), com 17 meses de idade. O plantio do milho incluir a cultivar foi feito entre as faixas do eucalipto no arranjo (3 x 2) + 15 m, nos três primeiros anos de cultivo.

O *Urocloa brizantha* cv. piatã foi semeado simultaneamente, na linha de plantio do milho e em duas linhas nas entrelinhas da cultura, com espaçamento de aproximadamente 0,23 m.

A adubação de plantio e cobertura consistiu de 350 kg ha⁻¹ 08-28-16 + Zn e 100 kg/ha de nitrogênio (parcelado em duas aplicações), respectivamente.

O delineamento foi inteiramente ao acaso em parcela subdividida 7x4x2 com sete tipos de cultivo, quatro distâncias em relação ao componente arbóreo até o centro de cada renque: 0,5; 1,25; 3,0 e 7,0 m, na subparcela e as profundidades 0-5 e 60-100 cm nas subsubparcelas com três repetições.

Os tipos de cultivo consistiram de: áreas de sistema de iLPF com eucalipto semeado 2 x 15 m em duas épocas de implantação novembro de 2009

e novembro de 2011 em consórcio com capim-piatã, sendo: (1) iLPF implantado em 2009 com 333 árvores ha⁻¹ (2) iLPF desde 2009 com 166 árvores ha⁻¹ (3) iLPF implantado em 2011 com 333 árvores ha⁻¹ (4) iLPF desde 2011 com 166 árvores ha⁻¹ (5) pastagem piatã em monocultivo semeada em 2009 (6) pastagem piatã em monocultivo, semeada em 2011 e (7) mata nativa Cerrado.

Os tratos culturais e silviculturais foram realizados conforme recomendações técnicas das culturas envolvidas na integração.

O material dos solos, após secagem ao ar, foi passado em peneira de 2 mm. Determinou-se a atividade das fosfatases ácida e alcalina pelo método Tabatabai e Bremner (1969). Pesaram-se 0,150 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em eppendorfs de 2 ml e 3 destes foram controles para cada análise. Adicionaram-se 0,48 mL de solução tampão acetato com pH ajustado a 6,5 com HCl para pH Fosfatase Ácida e pH ajustado a 11 com NaOH para pH Fosfatase Alcalina, e adicionou-se 0,12 mL de substrato p-nitrofenil fosfato) agitaram-se levemente os tubos, e incubou a 37°C por 1 hora.

Ao término da incubação foram adicionados 0,12 mL da solução de cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,5 mol L⁻¹, agitou-se e posteriormente adicionou 0,48 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol L⁻¹ em todos os tubos. Os eppendorfs foram centrifugados a 8000 rpm por 5 minutos, sendo em seguida feita a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda correspondente 400 nm. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão com solução de p-nitrofenol. Os valores foram expressos em mg do produto NPP da reação liberado por grama de solo seco. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias de tipos de cultivo, distância em relação ao eucalipto e profundidades foram comparadas pelo teste Tukey, ($\alpha < 0,05$). As análises dos dados foram realizadas pelo software SAS, 2009.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fosfatase ácida, não se verificou efeito significativo dos sistemas iLPF (1 a 4) e distâncias em relação ao eucalipto. No entanto, constatou-se efeito significativo da interação de 2ª ordem entre sistemas x profundidade x distancia ($p < 0,05$) (**Tabela 1**).

Espera-se que devido os maiores teores de matéria orgânica, P orgânico, P imobilizado na biomassa microbiana e tipo de vegetação nos sistemas integrados apresenta-se maiores valores de atividades enzimáticas, mas faz necessário maior tempo de implantação deste sistema para evidenciar isso.

Tabela 1 – Fosfatases ácida nas profundidades 0-5 e 60-100 cm coletadas em diferentes distâncias em solos sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto e *B. brizantha* cv. Piatã, nos anos de 2009 com 333 (1) e 166 árvores ha⁻¹ (2) e iLPF implantado em 2011 com 333 (3) e 166 árvores ha⁻¹ (4) na Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Prof. (cm)	Distância (m)	Sistemas iLPF			
		1	2	3	4
0 – 5*	0,5	8,55Aa	9,69Aa	8,20Aa	9,34Aa
	1,25	12,65Aa	8,01Aa	9,45Aa	9,04Aa
	3,0	10,99Aa	9,68Aa	10,08Aa	8,89Aa
	7,0	9,37Aa	8,44Aa	8,40Aa	6,74Aa
60 - 100	0,5	6,25Aa	5,08Aa	3,74Aa	4,07Aa
	1,25	3,66Aa	6,72Aa	4,58Aa	3,96Aa
	3,0	4,36Aa	7,52Aa	3,84Aa	6,21Aa
	7,0	3,75Aa	4,15Aa	3,70Aa	3,58Aa

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha, maiúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias seguidas por asterisco na coluna diferem entre sistemas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* indica superioridade da camada 0-5 em relação à de 60-100 para todos os sistemas iLPF e distâncias.

Nahas (2002) constataram correlação positiva e significativa entre a matéria orgânica do solo e atividade das fosfatases ácida e alcalina. Há um predomínio em maiores valores da fosfatase ácida em relação à alcalina. Corroborando com Rojo et al. (1990) pelo fato de que há predomínio de fosfatase ácida r em solos ácidos e a alcalina em solos alcalinos.

Quanto à atividade da fosfatase alcalina, não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas iLPF diferindo estatisticamente apenas na profundidade do solo. Para esta análise enzimática, os tratamentos para pastagens Piatã em monocultivo semeada em 2009 e 2011 e mata nativa Cerrado não diferem estatisticamente, houve apenas interação entre profundidade e sistemas, conforme **tabela 2**.

Tabela 2 – Fosfatase alcalina nas profundidades 0-5 e 60-100 cm em solos com pastagem *B. brizantha* cv. Piatã e Cerrado na Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Prof. (cm)	Sistema de cultivo		
	Pastagem 2009	Pastagem 2011	Cerrado
0 – 5	5,213 aA	2,893 aA	3,216 aA
60 – 100	1,940 aB	1,796 aA	2,010 aA

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha, maiúscula na linha, diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Na profundidade de 60-100 cm verificou-se, em valores médios, menor atividade da fosfatase alcalina no solo sob pastagem implantado em 2009 do que na camada superficial (**Tabela 2**). Essa maior atividade pode estar ligada aos fatores que afetam a atividade biológica do solo.

A qualidade e a quantidade dos resíduos vegetais depositados no solo, as condições de uso e a aplicação de calcário e fertilizante influenciam nas atividades enzimáticas (Herbien & Neal, 1990). A vegetação presente na mata e o maior tempo estabelecimento da pastagem podem interferir na atividade das fosfatases na produção dessas enzimas pelas plantas e favorecimento das atividades microbiológicas do solo, e ainda pela deposição de resíduos vegetais, que incrementam a matéria orgânica do solo. Esta além de aumentar a atividade dos microrganismos, resguarda a enzima da decomposição (HARRISON, 1983; FERNANDES et al., 1998).

Em relação ao efeito isolado, da profundidade do solo, foi conferida maiores valores das atividades fosfatases na camada superficial do solo, independentemente da época de implantação e da distância avaliada. Isso se deve a atividade biológica ser altamente concentrada nas camadas mais superficiais do solo. Nesta camada do perfil do solo predomina o componente biológico que consiste principalmente de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo (KENNEDY e DORAN, 2002).

CONCLUSÕES

A camada superficial do solo (0-5 cm) apresentou maiores valores de atividade de fosfatase ácida e alcalina nos solos avaliados.

As condições de uso do solo exercem maiores influencia sobre a atividade das fosfatases, entretanto não diferiu estatisticamente entre sistemas iLPF.

A atividade de fosfatases ácida e alcalina proporciona respostas rápidas a mudanças no ambiente, apresentando grande potencial de uso na avaliação da qualidade do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CONTE, E.; ANEIGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana do solo e atividade de fosfatase ácida após aplicações de fosfato em solo no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 925-930, 2002.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURI N., LIMA, J. M. de; GUEDES, G. A. A. Fósforo e atividade de fosfatase em dois solos sob diferentes condições de uso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 7, p.1159-1170, 1998.

HARRISON, A.F. Relationship between intensity of phosphatase activity and physico-chemical properties in woodland soils. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v.15, n.1, p.93-99, Jan. 1983.

HERBIEN, S.A.; NEAL, J.L. Soil pH and phosphatase activity. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.21, n.5/6, p.436-456, 1990.

KENNEDY, A. C.; SMITH, K. L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. In: COLIINS, H. P.; BLEDSOE, C. S.; INGHAM, E. R.; KLUG, M. J.; ROBERTSON, G. P. (Eds). *Plant and Soil*. 1995. v.170, p. 75-86.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; VILLANI, E.M.A.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, J.C.C. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânico e mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.30, p. 625-632, 2006.

NAHAS, E. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 3, 267-275, 2002.

PEIXOTO, R.S.; CHAER, G.M.; FRANCO, N.; REIS JUNIOR, F.B.; MENDES, I.C. & ROSADO, A.S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. *Antonie van Leeuwenhoek* 98: 403-413, 2010.

ROJO, M.J.; CARCEDO, S.G.; MATEOS, M.P. Distribution and characterization of phosphatase and organic phosphorus in soil fractions. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 22, n. 2, p. 169-174, 1990.

SAYAL, S.; De DATTA, S. Chemistry of phosphorus transformation in soil. *Advances in Soil Science*, v.16, p.2-120, 1991.

STIEVEN, A. C.; OLIVEIRA, D. A.; SANTOS, J. O.; WRUCK, F. J.; CAMPOS, D. T. da S. Impacts of integrated crop-livestock-forest on microbiological indicators of soil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* ISSN (on line) 1981-0997 v.9, n.1, p.53-58, 2014.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, v.48, n.2, p.853-858, Mar./Apr. 1984.