



XXXIII

# Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## ATIVIDADE DA FOSFATASE ÁCIDA COMO INDICADORA DA QUALIDADE DO SOLO SOB SISTEMA INTEGRADO DE LAVOURA-PECUÁRIA EM PARAGOMINAS-PARÁ

**Jamil Chaar El-Husny<sup>(1)</sup>; Claudio José Reis de Carvalho<sup>(1)</sup>; Eduardo Jorge Maklouf Carvalho<sup>(1)</sup>; Moisés Mourão de Oliveira Junior<sup>(1)</sup>; Steel Silva Vasconcelos<sup>(1)</sup>; Ismael de Jesus Matos Viégas<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Trav. Enéas Pinheiro s/n, Bairro Marco, Belém-Pará, CEP 66.095-100, Caixa Postal 48; [jamil@cpatu.embrapa.br](mailto:jamil@cpatu.embrapa.br); <sup>(2)</sup> Professor Visitante da Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA, UFRA- Instituto de Ciências Agrárias, Av. Presidente Tancredo Neves Nº 2501, Bairro Montese, Belém-Pará, CEP 66.077-901.

**Resumo** – Visando avaliar a atividade da fosfatase ácida como indicadora da qualidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em Paragominas-Pará, foi conduzido um estudo em diferentes sistemas de uso do solo: mata (reflorestamento natural); pastagem com *Panicum maximum* (mombaça) formada a partir de consórcio com arroz; pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. marandu (braquiária); e cultura do milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*; e em diferentes épocas de coleta de solo: abril (período chuvoso), julho (início do período seco) e novembro (final do período seco). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 4X3, com quatro repetições. Em parcelas, correspondentes as repetições, estabelecidas em cada sistema de uso foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. A atividade da fosfatase ácida foi eficiente na identificação de alterações no solo provocadas pelos sistemas de uso avaliados. O solo sob pastagem de braquiária, na forma de manejo praticada, apresentou condição intermediária comparado ao solo da mata, com maior valor, e aos solos sob o milho e sob pastagem de mombaça, com menores valores.

**Palavras-Chave:** bioquímica, enzima, indicador, qualidade, Amazônia.

### INTRODUÇÃO

Para Moreira e Siqueira (2006), embora índices e características considerados indicadoras da qualidade do solo não sejam completamente elucidativos, diante da complexidade do sistema edáfico, observa-se que, em muitos casos, a ciência do solo avançou e contribuiu significativamente no entendimento de processos biológicos importantes para a sustentabilidade agrícola e para qualidade ambiental.

A sustentabilidade do solo pode ser estimada mediante avaliações periódicas de indicadores relacionados aos processos de degradação ou recuperação destes solos (Lanna, 2002).

A sustentabilidade das atividades agropecuárias requer, entre outras necessidades, a avaliação da qualidade do solo, através de medidas de

impactos ambientais de tecnologias e de sistemas produtivos, com a utilização de indicadores que sejam sensíveis e capazes de identificar as modificações ocorridas e sua magnitude, as quais, por comparação, também possam ter utilidade para identificar distúrbios e serviços ambientais prestados pelos sistemas praticados.

Tecnologias em sistemas de produção agropecuária têm sido desenvolvidas com propósitos mitigadores de impactos ambientais, buscando melhores condições de sustentabilidade. Entretanto, um dos desafios para a pesquisa é o de avaliar o estado atual de um sistema e mensurar os progressos alcançados pela introdução de mudanças em direção de sistemas sustentáveis (Frighetto e Valarini, 2000).

O objetivo do presente trabalho consistiu em avaliar, através da atividade da enzima fosfatase ácida, a qualidade do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária em uso na microrregião de Paragominas-Pará.

### MATERIAL E MÉTODOS

O município de Paragominas no Estado do Pará possui área de aproximadamente 19.234 km<sup>2</sup>. A vegetação primitiva é representada pela floresta equatorial subperenifolia densa. O clima predominante é do tipo Aw, ou seja, tropical chuvoso com estação seca bem definida, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26,5°C e com temperaturas elevadas todo ano; regime pluviométrico de duas estações, uma chuvosa, de dezembro a junho, e outra seca, de agosto a novembro. A média do total anual de precipitação pluviométrica é em torno de 1.802 mm e a umidade relativa do ar é bastante elevada com média anual em torno de 82 % (Rodrigues et al., 2003a).

Os Latossolos de texturas média e argilosa são dominantes na região, abrangendo 81,3% da área do município de Paragominas, apresentando-se adequados para o uso agrícola (Rodrigues et al., 2003b).

Na Fazenda Vitória a principal atividade é a pecuária de corte, ocorrendo também cultivos de grãos, principalmente milho e arroz. Utiliza-se na propriedade, sistemas de integração lavoura-pecuária para renovação de pastagens. O rendimento animal da propriedade é de, aproximadamente, 320 Kg. ha<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>, com a carga animal, em unidade animal(UA), variando de 1,5 a 3 UA.ha<sup>-1</sup>, dependendo da época do ano e condição da pastagem.

Na Fazenda Nova Paz a principal atividade é a pecuária de leite. Faz-se uso na propriedade de pastejo rotacionado, com pousio de aproximadamente 35 dias. A carga animal é de 0,8 UA.ha<sup>-1</sup>. A produtividade leiteira é de 8 litros.vaca<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.

Quatro sistemas de uso do solo foram avaliados, sendo três na Fazenda Vitória e um na Fazenda Nova Paz referente ao sistema com braquiária: 1- Reflorestamento natural (Mata) - Altitude: 138 m; Latitude: S 02° 57' 46,1"; Longitude: W 47° 23' 10,8". A área possui um histórico de reflorestamento natural com um tempo, aproximadamente, de 30 anos. O uso desta área no presente estudo teve como objetivo servir de referência na comparação de alterações possivelmente identificadas nos demais sistemas avaliados (Mendes et al., 2003).

2 - Plantio de milho (Milho) - Altitude: 101 m; Latitude: S 02° 57' 29" ; Longitude: W 47° 23' 06". Cultivo de milho híbrido Pioneer 30F80 em sistema convencional associado ao plantio de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) apresentando os antecedentes: 2004: pastagem em vias de degradação com braquiário (*Brachiaria brizantha*); 2005: plantio de arroz em sistema convencional; 2006: pousio; 2007: plantio de arroz em sistema convencional; 2008: ano do presente estudo com processo anteriormente descrito. A área recebeu aplicação de fertilizantes, sendo no arroz em 2007, 200 kg da fórmula N-P-K(nitrogênio, fósforo e potássio) 08-28-16 por hectare, no plantio, e 100 kg da fórmula N-P-K 20-00-20 por hectare, em cobertura. Em 2008 no plantio de milho a adubação foi de 430 kg da fórmula N-P-K 08-28-16 por hectare, no plantio, e 250 kg da fórmula N-P-K 20-00-20 por hectare, em cobertura. Não foi realizada calagem. O rendimento do milho foi de 100 sacas de 60 kg por hectare.

3 - Pastagem de mombaça (Mombaça) - Altitude: 122 m; Latitude: S 02° 57' 47"; Longitude: W 47° 23' 14,6". Pastagem cultivada com mombaça (*Panicum maximum*) apresentando os antecedentes: 2002: Pastagem em vias de degradação com Braquiária (*Brachiaria brizantha*); 2003: plantio de arroz ; 2004: plantio de arroz; 2005: plantio de milho associado ao plantio de capim Mombaça; 2006: pastagem de mombaça formada. Em janeiro de 2008, foi realizada uma adubação com 100 kg da fórmula N-P-K 10-30-10 por hectare.

4 - Pastagem de braquiária (Braquiária) - Altitude: 132 m; Latitude: S 02° 58' 15,8"; Longitude: W 47° 22' 19,7". Pastagem de Braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. marandu) com tempo aproximado de dez anos, com antecedente de derruba e queima da floresta, sendo utilizada com pecuária leiteira. Em 2007, no início do período chuvoso na região, final do mês de dezembro, foi realizada adubação na pastagem, com o uso de 50 kg de cloreto de potássio por hectare e 50 kg de uréia por hectare.

As épocas de coletas de solo foram em três períodos: 1 - Período chuvoso (abril/2008); 2 - Início do período seco (julho/2008); 3 - Final do período seco (novembro/2008).

Os solos em todos os sistemas de uso avaliados foram classificados como Latossolo Amarelo

Distrófico coeso, textura muito argilosa. A moderado, com relevo plano a suavemente ondulado (Rodrigues et al., 2003a)

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 4x3 (Pimentel-Gomes e Garcia, 2002), sendo quatro os níveis do fator sistemas de uso do solo e três os níveis do fator épocas de coleta de solo. Em cada área de tratamento foram estabelecidas quatro parcelas, distribuídas aleatoriamente, de 6m x 12m (72 m<sup>2</sup>), as quais corresponderam as quatro repetições. De cada parcela foram retiradas cinco amostras simples, a cada profundidade (0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm), que formaram uma amostra composta por parcela.

A comparação entre as médias foram feitas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, nas profundidades supracitadas, sendo que para estes procedimentos fez-se uso do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). A atividade da fosfatase ácida foi analisada de acordo com Eivazi e Tabatabai (1977).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados relacionados aos valores da atividade da fosfatase no solo nos sistemas avaliados.

O efeito do fator sistemas de uso do solo na atividade da fosfatase ácida ocorreu em todas as profundidades estudadas. Diferenças significativas ocorreram de maneira semelhante nas profundidades de 0 a 5 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, onde os valores apresentaram uma seqüência decrescente correspondentes aos solo da mata, com maior atividade da fosfatase ácida, solo cultivado com braquiária, com mombaça e com milho, sendo que estes dois últimos sistemas não diferiram entre si. Na profundidade de 5 a 10 cm a atividade da fosfatase ácida não diferiu significativamente comparando o solo da mata e o solo cultivado com braquiária, os quais apresentaram valores superiores comparados aos solos cultivados com mombaça e com milho, que também não foram diferentes significativamente quando comparados entre si.

A atividade da fosfatase ácida do solo em relação ao fator épocas de coleta de solo também apresentou diferenças semelhantes nas profundidades de 0 a 5 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, onde os valores observados no mês de abril apresentaram diferenças significativas, sendo superiores aos valores nos meses de julho e novembro, os quais não diferiram significativamente comparados entre si. Na profundidade de 5 a 10 cm, a diferença significativa ocorreu entre a atividade da fosfatase ácida observada em abril, que apresentou maior valor, comparada ao mês de julho, que apresentou menor valor, enquanto que no mês de novembro o valor observado foi intermediário e não diferiu significativamente dos valores observados nos meses de abril e julho.

O efeito da interação entre os fatores sistemas de uso do solo e época não apresentaram diferenças significativas para atividade da fosfatase ácida no solo em todas as profundidades avaliadas.

Mendes e Reis Junior (2004), avaliando impactos de sistemas de plantio direto e plantio convencional nas propriedades microbiológicas e bioquímicas do solo em

época seca e chuvosa, nas profundidades de 0 a 5 e 5 a 20 cm, tendo áreas nativas como referência, observaram que independentemente da época de amostragem, nas duas profundidades analisadas, os maiores níveis de atividade da fosfatase ácida foram nas áreas nativas. Os autores atribuíram o resultado ao fato de que a falta de entrada de fósforo via fertilizantes químicos nessas áreas, fez com que toda a ciclagem do fósforo fosse feita pela solubilização de fontes pouco solúveis, principalmente pela mineralização do fósforo da matéria orgânica pelas fosfatases. Os autores atestaram ainda que a redução da atividade da fosfatase nas áreas cultivadas estava relacionada ao efeito inibidor do uso de adubos fosfatados prontamente solúveis. Dessa maneira, no presente estudo, em geral, o solo da mata apresentou os maiores valores para atividade da fosfatase ácida comparado aos demais sistemas de uso analisados, situação que pode estar relacionada aos resultados alcançados por Mendes e Reis Junior (2004), haja vista que os demais sistemas receberam adubações químicas, e também pode estar relacionada ao fato de se tratar do sistema mais preservado. Matsuoka et al. (2003), comentam que o melhor estado de fertilidade do solo quanto ao teor de fósforo, diminui a dependência do sistema em relação a ciclagem do fósforo orgânico pela atividade da fosfatase ácida, resultando em menores níveis de atividade dessa enzima.

Por outro lado, Jakelaitis et al. (2008), em estudo sobre a qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas, observaram diferenças nos sistemas analisados, sendo os maiores valores de atividades da fosfatase ácida registrados na área de mata, na área de pastagem formada pelo consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* e na área de milho cultivado em plantio direto, enquanto que a área com *Brachiaria brizantha* sem nenhuma integração, apresentou o menor valor. Os mesmos autores comentam que os resultados observados nesse estudo, contrariaram trabalhos de vários autores que registram que as fosfatases têm sua atividade aumentada em ambientes preservados.

As respostas em relação ao fator época, onde os maiores valores para atividade da fosfatase ácida acontecem no mês de abril, coincidem com o mês de maior precipitação pluviométrica, mês onde foi observado também maior umidade no solo.

## CONCLUSÕES

1. A atividade da fosfatase ácida identifica alterações no solo provocadas pelos sistemas de uso do solo.

2. Nas condições deste estudo, considerando a atividade da fosfatase ácida, solo sob pastagem de braquiária, na forma de manejo praticada, apresentou condição intermediária comparado ao solo da mata, com maior valor, e aos solos sob o milho e sob pastagem de mombaça, com menores valores.

3. A atividade da fosfatase ácida no solo é influenciada pela época de amostragem do solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos senhores Thales Lima e Valério Lucena, proprietários das Fazendas Vitória e Nova Paz, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- EIVAZI, F. e TABATABAI, M. A. Phosphatase in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.9, p. 167-172, 1977.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (sistema para análise de variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Anais...* São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.
- FRIGHETTO, R. T. S. e VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.157-166. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B. e VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.2, p.118-127, abr./jun. 2008.
- LANNA, A. C. **Impacto ambiental de tecnologias, indicadores de sustentabilidade e metodologias de aferição: uma revisão**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e feijão, 2002. 31p. (Embrapa Arroz e feijão. Documentos, 144).
- MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F.; MENDES, I. C. e SELBACH, P. A. Biomassa e atividade microbiana como indicadores de qualidade do solo. In: MIYASAKA, S (Ed.). **Manejo da biomassa do solo visando a sustentabilidade da agricultura brasileira**. São Paulo: Navegar; FundAg, 2008. p.155-192.
- MOREIRA, F. M. S. e SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- MENDES, I. C. e REIS JUNIOR, F. B. **Uso de parâmetros microbiológicos com indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 34p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 112).
- MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S. e GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.435-443, 2003.
- PIMENTEL-GOMES, F. e GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. e OLIVEIRA JUNIOR, R. C. **Avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003b. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 163).
- RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N. F. e VALENTE, M. A. **Caracterização e avaliação da potencialidade dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003a. 51p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 162).

**Tabela 1.** Valores da atividade da fosfatase ácida ( $\mu\text{g NPP.gS}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ) do solo, em diferentes profundidades, para os sistemas de uso, para as épocas de coleta de solo e interações entre sistemas de uso e épocas, e valores de F e respectivos níveis de significância. Paragominas - PA, 2008.<sup>1</sup>

Profundidades	Época	Mata	Braquiária	Mombaça	Milho	Média
0-5 cm	Abril	3264,39 A a	2621,52 A a	1567,28 A a	1353,94 A a	2201,78 A
	Julho	2827,54 A a	2110,38 A a	1310,91 A a	910,72 A a	1789,89 B
	Novembro	2531,58 A a	2144,20 A a	1113,68 A a	633,52 A a	1605,75 B
Média	2874,50 a	2292,03 b	1330,62 c	966,06 c	1865,80	
DMS1 = 401,38 DMS2 = 315,47 <sup>2</sup>						
5-10 cm	Abril	2963,49 A a	2667,81 A a	1656,63 A a	1507,55 A a	2198,87 A
	Julho	2370,99 A a	2103,98 A a	1365,63 A a	1159,78 A a	1750,10 B
	Novembro	2642,44 A a	2853,15 A a	1331,97 A a	1012,97 A a	1960,13 AB
Média	2658,97 a	2541,65 a	1451,41 b	1226,77 b	1969,70	
DMS1 = 404,06 DMS2 = 317,58 <sup>2</sup>						
10-20 cm	Abril	2386,95 A a	2176,87 A a	1585,62 A a	1535,36 A a	1921,20 A
	Julho	2105,18 A a	1763,81 A a	1277,73 A a	1173,70 A a	1580,10 B
	Novembro	2302,14 A a	1798,08 A a	1308,89 A a	941,81 A a	1587,73 B
Média	2264,76 a	1912,92 b	1390,75 c	1216,95 c	1696,34	
DMS1 = 322,74 DMS2 = 253,66 <sup>2</sup>						
20-30 cm	Abril	2113,44 A a	1883,62 A a	1391,73 A a	1501,56 A a	1722,59 A
	Julho	1638,09 A a	1448,76 A a	1063,00 A a	1157,47 A a	1326,83 B
	Novembro	1691,44 A a	1220,10 A a	1008,70 A a	911,18 A a	1207,85 B
Média	1814,32 a	1517,49 b	1154,47 c	1190,07 c	1419,09	
DMS1 = 288,79 DMS2 = 226,98 <sup>2</sup>						
Valores de F <sup>3</sup>						
Fontes de Variação		Profundidades (cm)				
		0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	
Sistema de Uso (SU)		68,940***	48,100***	32,205***	16,733***	
Época de Coleta (E)		11,191***	5,978**	7,050**	16,856***	
SU x E		0,289ns	1,333ns	0,618ns	0,422ns	

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> DMS1 relacionada ao fator sistema de uso; DMS2 relacionada ao fator época (a ausência de DMS indica que não ocorreu efeito significativo entre os fatores ou na interação entre eles).

<sup>3</sup> ns: não significativo; \*(P<0,05), \*\*(P<0,01), \*\*\*(P<0,001).