

# Atributos químicos do Solo em Sistemas de Manejo em Dourados (MS)

JOSILÉIA ACORDI ZANATTA<sup>(1)</sup>, JÚLIO CÉSAR SALTON<sup>(1)</sup>, WILLIAN MARRA SILVA<sup>(1)</sup>ALEX RAMOS COSTA<sup>(2)</sup>

**RESUMO** – Foram avaliados sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) comparativamente aos sistemas lavoura em plantio direto (SPD) e em preparo convencional (PC), bem como com a pastagem permanente (PP) sobre os atributos do solo (pH, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e P) em três profundidades (0 - 5, 5 - 15 e 15 - 30 cm). Estes resultados foram avaliados por estatística multivariada, para o efeito dos sistemas de manejo. Identificou-se um gradiente de concentração de nutrientes e Al<sup>3+</sup> e o decréscimo dos valores de pH no perfil do solo em todos os sistemas de manejo, exceto no PC. Na superfície do solo dos sistemas SPD, PP e ILP ocorreu a redução dos níveis de acidez do solo, com aumento do pH e redução do Al<sup>3+</sup> trocável. Este comportamento, provavelmente, está relacionado à deposição dos resíduos orgânicos e vegetais na superfície do solo, contribuindo para a atividade biológica e a adição de agentes ligantes capazes de neutralizar o Al<sup>3+</sup> tóxico. A ciclagem de nutrientes pelos resíduos vegetais e orgânicos pode ser um dos fatores responsáveis pelos maiores teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> na camada superficial do solo nos sistemas SPD, ILP e PP, bem como calagem superficial. Os teores de K, provavelmente, foram influenciados pelo crescimento vegetal e pela presença dos animais. Foram observados maiores teores deste nutriente na superfície do solo dos sistemas PP e ILP em detrimento do SPD e PC, que receberam maiores entradas de K pela adubação de manutenção. Para o P, a adubação das lavouras influenciou significativamente o aumento dos teores na superfície do sistema SPD, quando comparado ao sistema PP que não recebeu adubação. No sistema ILP, os teores de P no solo foram intermediários ao SPD e ao PP, e verificou o aumento dos teores de P no perfil do solo, embora menores que no SPD. O aumento dos níveis de nutrientes e a redução da acidez do solo nos sistemas ILP indica melhorias da fertilidade do solo em comparação às áreas exclusivamente de pecuária. Nessa, o fator limitante foi a reduzida concentração de P no perfil do solo.

**Palavras-Chave:** (adubação, acidez do solo, disponibilidade de nutrientes)

## Introdução

A utilização do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) teve início na Região Centro Oeste do Brasil em meados da década de 90 para reverter a degradação das pastagens da região, ocasionada principalmente pelo superpastejo e ausência de adubação [1]. No sistema ILP, o aproveitamento da adubação residual da cultura de grãos, pelo cultivo da pastagem em sequência, aumenta o potencial de produção e a qualidade da forragem [2], melhorando o ganho de peso animal e viabilizando o uso do sistema plantio direto na região, uma vez que no período de inverno (sem chuvas) é difícil produzir resíduos vegetais.

Além da adição de fertilizantes, a presença do animal no sistema ILP aumenta as taxas de ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta-animal, podendo influenciar a fertilidade do solo em comparação a sistemas de exclusivos de lavoura ou pecuária. Este efeito teria reflexos na maior disponibilidade de nutrientes e na melhoria dos indicadores da acidez do solo, influenciando a produção da pastagem e das culturas e na lucratividade do sistema de produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade do solo após 14 anos da adoção do sistema de integração lavoura-pecuária comparativamente a lavouras em plantio direto e em preparo convencional e a pastagem permanente num experimento de longa duração em Dourados/MS.

## Material e Métodos

### A. Local

O estudo foi realizado num experimento de longa duração (14 anos), localizado na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, de textura muito argilosa (630 g kg<sup>-1</sup> de argila).

Originalmente, a área do experimento possuía vegetação nativa de cerrado (campo cerrado) até 1975. A partir desta data foi convencionalmente cultivado para produção de grãos por 20 anos antes do início do experimento.

### B. Tratamentos e Avaliações

O experimento avaliado constou dos seguintes tratamentos: lavoura com monocultivo de soja/aveia em preparo convencional, no inverno e no verão, com grade pesada e niveladora- PC; lavoura com a rotação de culturas

<sup>(1)</sup> Embrapa Agropecuária Oeste. Rodovia BR 163 km 253,6 Zona Rural, Dourados, MS, C.P. 661, CEP 79804-970. E-mail: josileia@cpao.embrapa.com.br, salton@cpao.embrapa.com.br e william@cpao.embrapa.com.br.

<sup>(2)</sup> Acadêmico do Curso de Tecnologia em Agronomia – Centro Universitário da Grande Dourados/UNIGRAN, Dourados, MS.

nabo/milho/aveia/soja/trigo/soja em plantio direto – SPD; integração lavoura-pecuária em plantio direto, alternando 2 anos de pastagem com *Brachiaria decumbens* e 2 anos com lavoura de soja/aveia, - ILPa (atualmente lavoura) e ILPb (atualmente pecuária); pastagem permanente de *Brachiaria decumbens* – PP. Na ILP e na PP, a pastagem foi manejada em pastejo contínuo de bovinos nelore com 7% de oferta de forragem.

A adubação média do período para a lavoura de soja, independente do sistema de manejo, consistiu de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para o trigo e o milho, que constituíram a rotação de cultura do tratamento SPD, a adubação média foi de 20 e 24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 55 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 e 55 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. A área exclusivamente com pastagem (PP) não recebeu adubação. Em 2003 foi realizada calagem, com distribuição superficial do calcário nos sistemas SPD, ILPa, ILPb e PP e incorporação na camada de 0-20 cm no PC.

Em 2008, o solo dos tratamentos experimentais foi amostrado nas profundidades de 0-5, 5-15 e 15-30 cm em malha de amostragem com espaçamento de 30 x 30 m. Em cada ponto de amostragem foram determinadas as concentrações dos nutrientes Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, P e os indicadores de acidez do solo pH e Al<sup>+3</sup> trocável, conforme metodologias descritas em Machado [3].

Os resultados das análises dos indicadores de acidez e dos teores de nutrientes no solo foram analisados por estatística multivariada. Efetuou-se a análise de similaridade de grupos (P<0,10) e de ordenação por coordenadas principais, ambas técnicas implementadas no aplicativo computacional MULTIV (versão 2.4.2. Copyright © Pillar, V.) [4]. Os dados de cada variável foram transformados vetorialmente (centralização e normalização) e o momento do produto foi utilizado como medida de semelhança entre os sistemas de manejo em cada camada avaliada. Foram considerados os eixos de ordenação que explicaram mais que 10% da variabilidade. Coeficientes de correlação maiores que 0,70 foram incluídos na interpretação das coordenadas principais. O diagrama de dispersão foi complementado com a análise de agrupamentos, a qual permite verificar os padrões de similaridade entre os sistemas de manejo no perfil do solo.

## Resultados

Os sistemas de manejo de solo e as camadas de solo foram agrupados em quatro grupos principais, os quais estão delimitados na Figura 1. O teste de significância de eixos, indicou que o eixo 1 explicou 77% da variabilidade dos dados e o eixo 2 explicou 14% (Figura 1). As variáveis que apresentaram maior coeficiente de correlação com o eixo 1 foram o pH, Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>. O P do solo apresentou coeficiente de correlação positivo com o eixo 2. Desta forma, observa-se que a fertilidade do solo aumenta da direita para a esquerda, enquanto os teores de P de baixo para cima (Figura 1).

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 1 e 2, os indicadores de acidez do solo e os teores de nutrientes foram influenciados pelos sistemas de manejo. Exceto no sistema PC, nos demais houve decréscimo gradativo dos valores de pH e da concentração dos nutrientes no perfil do solo. A concentração de Al<sup>+3</sup> aumentou nas camadas mais profundas, com exceção do sistema PP.

Na camada superficial os sistemas de manejo, SPD, ILPb e PP apresentaram os maiores valores de pH se comparados a ILPa e PC, sendo que nesse último, o solo apresentou uma tendência de aumento do Al<sup>+3</sup> tóxico se comparado aos demais. Nas camadas subsuperficiais, predomina maiores teores de Al<sup>+3</sup> no sistema ILPa, seguido de PC, ILPb e SPD. O sistema PP apresentou o maior pH e os menores teores de Al<sup>+3</sup> em profundidade.

Para os teores de Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>, destaca-se os maiores teores destes nutrientes na camada superficial dos sistemas SPD, ILPa, ILPb e PP em detrimento do PC. Nesta camada, os valores médios de Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup> dos sistemas ILP, PP e SPD tendem a ser duas vezes maiores do que os valores observados no sistema PC. Porém, nas camadas subsuperficiais os teores de Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, e K<sup>+</sup> foram similares entre os sistemas de manejo.

Os teores de P evidenciaram diferenças entre os sistemas com lavouras, lavoura-pecuária e aquele com pecuária exclusivamente. Em todas as camadas avaliadas, os maiores teores de P foram verificados no sistema SPD, enquanto os menores teores ocorreram na PP (Figura 1 e 2). Os teores de P no sistema PP ficaram abaixo de 10 mg kg<sup>-1</sup> no perfil do solo. Em todos os tratamentos verificou-se a redução dos teores de P no solo com a profundidade, mas este efeito foi mais evidente no sistema SPD, que apresentou aproximadamente 50 mg kg<sup>-1</sup> de P na camada de 0-5 cm e <20 mg kg<sup>-1</sup> na camada de 15-30 cm. Nos sistemas integrados verificaram-se teores de P intermediários entre o sistema SPD e o sistema PP (Figura 2).

## Discussão

Após cinco anos da calagem observam-se diferenças bastante evidentes no pH, teores de Al<sup>+3</sup> trocável, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> no perfil do solo, com o decréscimo dos valores desses atributos a medida que aumenta a profundidade do solo, exceto para Al<sup>+3</sup> que aumenta no perfil. Esse gradiente de nutrientes e dos indicadores da acidez no perfil do solo é um resultado esperado como reflexo da distribuição do calcário e dos resíduos orgânicos e vegetais na superfície do solo dos sistemas integrados, SPD e PP, enquanto o revolvimento do solo no sistema PC torna este gradiente menos evidente.

Entre os sistemas de manejo, a deposição de esterco animal (ILPb e PP) e o aumento da matéria orgânica do solo no sistema SPD [5], provavelmente, favoreceu a redução da acidez do solo na camada superficial desses sistemas, assim como relatado por [6]. Em subsuperfície, porém, este efeito é menos evidente, destacando-se os menores teores de Al<sup>+3</sup> no PP. Neste sistema, provavelmente, a presença dos resíduos orgânicos, produzidos pelos animais, estimulou a atividade da meso e

macrofauna criando bioporos que auxiliam na descida do calcário no perfil do solo, aumentando seu efeito em profundidade. Além disso, a exemplo do que ocorre com resíduos vegetais, acredita-se que a decomposição dos resíduos orgânicos libere ácidos orgânicos de baixo peso molecular, capazes de carrear cátions divalentes no perfil do solo, e reagir com  $Al^{+3}$  tóxico em camadas subsuperficiais.

Os teores de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  no perfil refletem a distribuição superficial do calcário no solo e a reciclagem dos nutrientes pela deposição dos resíduos vegetais e orgânicos na superfície do solo. Entretanto, como já discutido, no PC verificou-se a diluição dos teores de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  no perfil do solo pelo revolvimento bianual.

Para o K, diversos estudos indicam que a presença de animais aumenta a ciclagem de K no sistema solo-planta-animal. Devido ao maior aprofundamento do sistema radicular e maior crescimento vegetativo das pastagens em comparação as lavouras é plausível que maior quantidade de K seja reciclado nestes sistemas, contribuindo para a o aumento da concentração deste elemento nas camadas superficiais do solo. Ainda, nos sistemas com animais, o retorno do K ao solo pela urina, deve, ao menos em parte, ser responsável pelas maiores concentrações de K verificadas nos sistemas PP, ILPa e ILPb. Entretanto, no sistema SPD, assim como nos sistemas integrados, a adubação das lavouras (soja, trigo e milho) deve ser o principal fator responsável pelo acúmulo de K no perfil do solo.

O aumento dos níveis de P no solo em sistema SPD está relacionado com às adubações realizadas nas culturas da soja e do trigo. Por outro lado, os sistemas ILP e PC somente recebem adubação fosfatada quando do cultivo da soja, o que resulta numa menor entrada de P no sistema, comparativamente ao SPD. Percebe-se, porém, que no solo em SPD houve aumento dos teores de P até 10 cm de profundidade, indicando, provavelmente, acúmulo de P inorgânico. Este efeito também foi verificado por Souza [7], onde os autores verificaram aumento do P inorgânico após três anos de SPD. No solo em PP, porém, a ausência de adubação fosfatada ao longo dos anos tem reduzido os teores de P no solo neste tratamento, aumentando a diferença para com os demais sistemas.

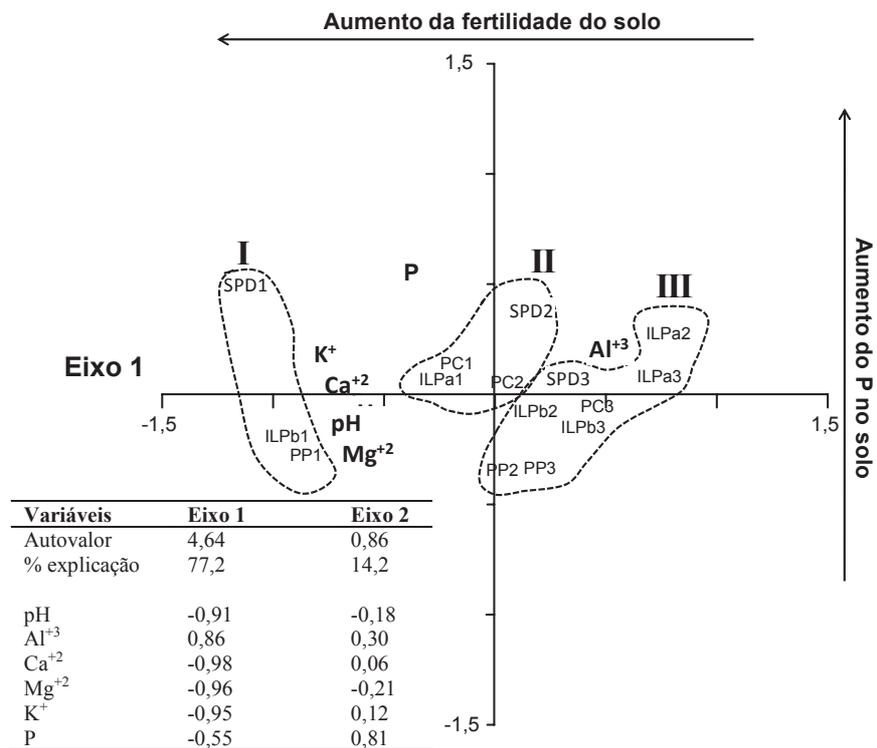
### Conclusões

Os teores de nutrientes do solo, principalmente de P, aumentaram no perfil do solo dos sistemas

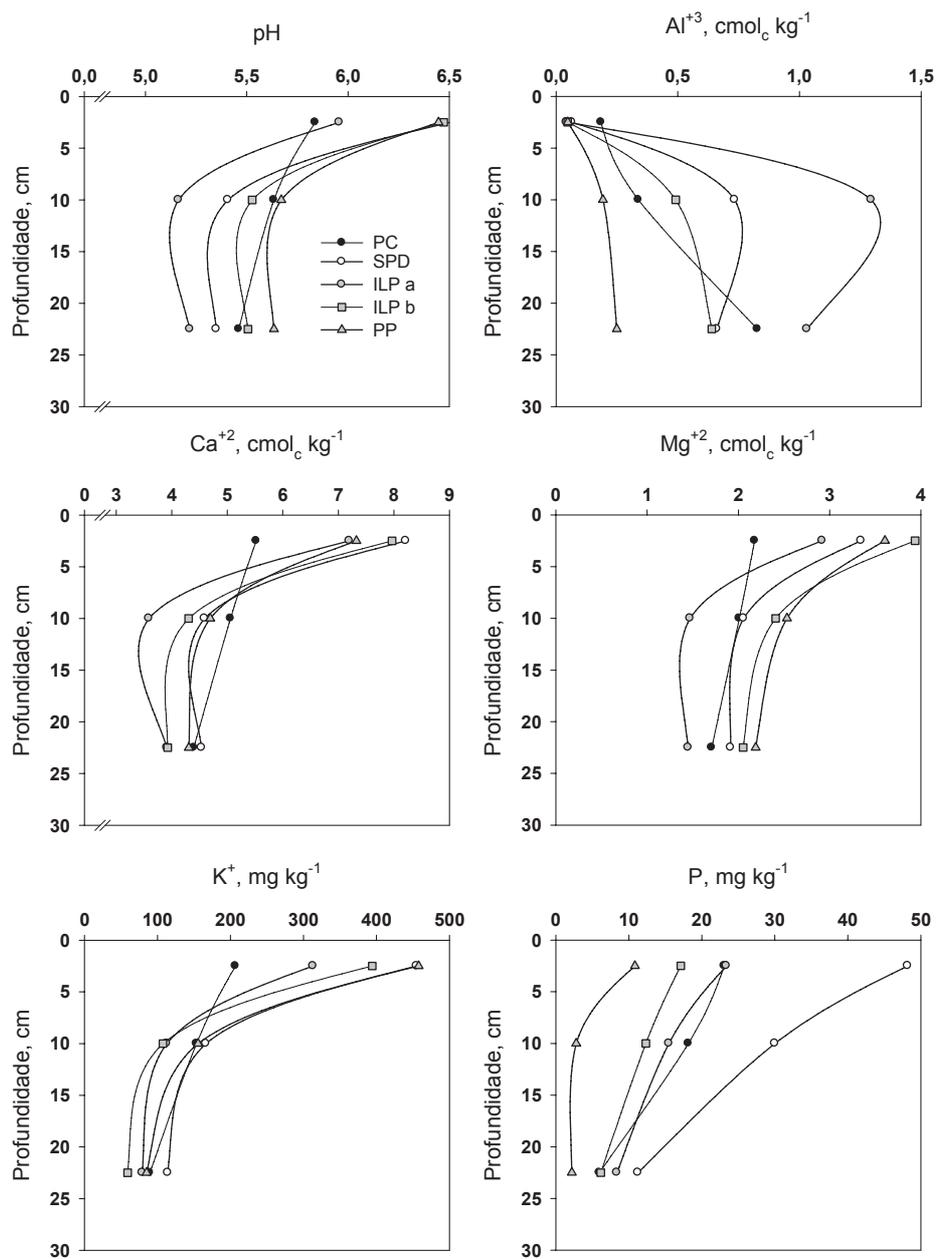
integrados indicando que a alternância de lavoura e pecuária é uma alternativa para incrementar a fertilidade do solo. A presença dos animais e de seus excrementos nos sistemas integrados e na pastagem permanente aumentou a ciclagem de nutrientes no perfil. Comparando os tratamentos, ficou evidente que os teores de P no solo é a principal limitação da pastagem permanente.

### Referências

- [1] MACEDO, M.C.M. 2000. A integração lavoura e pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. *Anais...* Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica, Embrapa Agrobiologia. p.90-104. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).
- [2] MORAES, A. & LUSTOSA, S.B.C. 1997. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. *Anais...* Maringá, UEM. p.129-149.
- [3] MACHADO, P.L.O. de A. (Coord.). Métodos de análise de solo. In: NOGUEIRA, A.R. de A. & SOUZA, G.B. de (Eds.). *Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste. p.63-123.
- [4] PILLAR, V.D. 1997. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. *Coenoses*, 12:145-148.
- [5] SALTON, J.C. SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. Matéria orgânica do solo na Integração Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: Embrapa Agropecuária do Oeste, Dourados, 2005. 58p.
- [6] CARVALHO, D.B., BELLO, M., PISSAIA, A., MORAES, A., PELISSARI, A., MARQUES, R. & BONA-FILHO, A. 2005. Fertilidade do solo em integração lavoura-pecuária na região de Guarapuava/PR. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais*, 3, 57-65.
- [7] SOUZA, E.D. 2008. *Evolução da matéria orgânica, fósforo e da agregação do solo em sistemas de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo*. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



**Figura 1.** Diagrama de dispersão com as coordenadas principais (eixo 1 e 2) obtido pela análise de ordenação e agrupamentos dos sistemas de manejo no perfil do solo baseado nos atributos de solo (pH, Al<sup>+3</sup> trocável, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> e P). PC = lavoura em preparo convencional; SPD = lavoura em plantio direto; ILPb e ILPa, integração lavoura-pecuária e PP = pastagem permanente. Números depois dos sistemas de manejo identificam as camadas de solo (1 = 0-5 cm; 2 = 5-15 cm e 3 = 15-30 cm).



**Figura 2.** pH do solo, Al<sup>3+</sup> trocável, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e P no perfil do solo em diferentes sistemas de manejo de solo avaliados em 2008 num Latossolo Vermelho Distrófico típico em Dourados/MS. PC = lavoura em preparo convencional; SPD = lavoura em plantio direto; ILPa e ILPb, integração lavoura-pecuária e PP = pastagem permanente.