

# Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem

Michelle Jimenez da Costa<sup>1\*</sup>, Edgard Jardim Rosa Junior<sup>2</sup> Yara Brito Chaim Jardim Rosa<sup>2</sup>, Luiz Carlos Ferreira de Souza<sup>2</sup> e Cedrick Brito Jardim Rosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Rod. Dourados-Itahum, Km 12, Cx. Postal 533, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. <sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. <sup>3</sup>Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: michellejimenezc@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da gessagem, em função de dois sistemas de manejo de solo sobre alguns atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distroférico. Os tratamentos consistiam em ausência e adição de 2000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, submetidos a dois sistemas de cultivo (plantio direto e preparo convencional). A cultura utilizada no experimento foi a soja, que teve como cultura antecessora o trigo. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, arranjado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os atributos químicos analisados foram: pH em CaCl<sub>2</sub>, P, Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>, saturação por alumínio, saturação e soma de bases e capacidade de troca de cátions. Dentre os atributos físicos, analisaram-se: densidades de partículas e do solo e a porosidade total. A interação entre manejo do solo e gessagem foi significativa para a densidade e a porosidade total do solo, com aumento da densidade e diminuição da porosidade no solo sob plantio direto em função do gesso. O sistema de manejo e o efeito da gessagem não induziram diferenças significativas nos atributos químicos do solo, exceto no teor de fósforo, que foi maior no plantio direto.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, manejo do solo, gessagem.

**ABSTRACT. Latosol chemical and physical attributes affected by tillage system and gypsum effect.** The objective of this work was to evaluate the gypsum residual effect and two tillage systems as for their chemical and physical attributes in a red dystroferric Latosol (Hapludox). The experiment was carried out in 2004/2005 on the experimental field of the Federal University of Mato Grosso do Sul - UFMS, in Dourados, State of Mato Grosso do Sul. The experimental design was in randomized blocks in sub-subdivided plots with four replications. Main plots consisted of two tillage system (no tillage and conventional tillage). The subdivided plots were gypsum doses (0 and 2000 kg ha<sup>-1</sup>) and sub-subdivided plots, the depths. The following parameters were estimated: pH in CaCl<sub>2</sub>, P, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>+3</sup>, H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>, aluminum saturation, base saturation, bases sum, cation exchange capability, particle density, soil bulk density, soil total porosity. The interaction between tillage system and gypsum dose was significant for soil density and total porosity, with an increase in the soil density and a reduction in the total porosity in combination with no tillage and 2000 kg ha<sup>-1</sup> of gypsum. The tillage system and gypsum effect did not affect the chemical attributes, except for the P drift which was bigger in no tillage system than in conventional tillage.

**Key words:** *Glycine max*, tillage system, gypsum.

## Introdução

O território brasileiro é formado em grande parte por Cerrados, caracterizados pela presença de Latossolos, que são solos bastante intemperizados, com argila de baixa atividade, pobres em nutrientes, ácidos e com teores elevados de alumínio trocável (Lopes, 1984).

Cerca de 70% dos solos brasileiros são solos

ácidos (Quaggio, 2000), e o processo de acidificação do solo, nas regiões tropicais e subtropicais, inicia-se com a solubilização da rocha, com posterior perda de cátions do solo associada à retenção preferencial de cátions de maior valência, como o alumínio, nos sítios de troca da argila e da matéria orgânica. As reações de hidrólise que ocorrem na solução dos solos, a decomposição dos resíduos orgânicos pelos

microorganismos, a ação do homem e a própria absorção dos nutrientes pelas plantas são fatores que também contribuem para a acidificação dos solos (Meurer, 2004).

Desde o início da ocupação agrícola do Cerrado, essa região vem apresentando desenvolvimento excepcional. Em 2002/2003, o Cerrado brasileiro foi responsável por 54% da produção nacional de soja, com produção média de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, superior à média nacional, que foi de 2.782 kg ha<sup>-1</sup>. Sem dúvida, um dos principais fatores responsáveis por esse desempenho foi a geração de tecnologias que permitiram a incorporação de solos altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes, ao processo produtivo agrícola. Entre essas tecnologias, as técnicas para a correção e a adubação dos solos do Cerrado constituem um dos grandes destaques da pesquisa agrícola nos trópicos (Sousa e Lobato, 2004).

Os solos sob Cerrado normalmente apresentam problemas de acidez subsuperficial, e a incorporação profunda de calcário para controlar essas condições nem sempre é viável nas áreas de cultivo. Assim, camadas mais profundas do solo, abaixo de 40 cm, podem continuar com excesso de alumínio tóxico, associado ou não à deficiência de cálcio, mesmo que se tenha efetuado calagem considerada adequada. Conseqüentemente, as raízes da maioria das espécies cultivadas desenvolver-se-ão apenas na camada superficial. Esse problema, aliado à baixa capacidade de retenção de água desses solos, pode causar diminuição na produção das plantas, principalmente nas regiões onde é mais freqüente a ocorrência de veranicos (Sousa e Lobato, 2004).

A aplicação de gesso agrícola diminui, em menor tempo, a saturação do alumínio nessas camadas mais profundas. Desse modo, criam-se condições para o sistema radicular das plantas se aprofundar no solo e, conseqüentemente, minimizar o efeito de veranicos. Deve ficar claro, porém, que o gesso não neutraliza a acidez do solo (Embrapa, 2004).

O gesso agrícola é um subproduto na produção de ácido fosfórico, sendo largamente disponível em muitas partes do mundo. Somente no Brasil, cerca de 3,3 milhões de toneladas são produzidas anualmente (Freitas, 1992). Quimicamente, o gesso constitui-se de sulfato de cálcio bi hidratado (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), composto de no mínimo 16% de Ca e 13% de S (Sousa e Lobato, 2004). A aplicação de gesso na superfície, seguida por lixiviação para subsolos ácidos, resulta em melhor crescimento e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (Carvalho e Rajj, 1997).

Considerando as afirmações de Couto *et al.*

(1979) e Pavan *et al.* (1984), de que o gesso agrícola não altera o pH, portanto não aumentaria a capacidade de troca catiônica nos Latossolos, seria uma opção de uso como condicionador do solo, uma vez que Rosa Junior *et al.* (1994), concluíram que a gessagem proporcionou menores valores percentuais de argila dispersa em água, gerando aumento na quantidade de agregados estáveis em água maiores do que 1 mm de diâmetro e, conseqüentemente, tornando o solo mais poroso.

Rosa Junior (2000) comenta que, em função das práticas de manejo utilizadas no Latossolo Vermelho distrófico, pode-se esperar alterações em algumas características físicas e/ou químicas. Variações no uso do solo pela mudança das culturas nele cultivadas e modificações nas práticas agrícolas que nelas se aplicam podem promover alterações em características intrínsecas ao solo, como, por exemplo, o aumento da sua densidade (Klein, 2001).

Dentre os sistemas de cultivo, temos o plantio direto e o plantio convencional. Rodrigues *et al.* (2003), avaliando a influência da aplicação de calcário e gesso em Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cultivo da soja, verificaram que tanto o preparo convencional quanto o plantio direto induziram maiores teores de bases trocáveis no solo e maiores rendimentos de grãos de soja.

Caires *et al.* (2003), trabalhando com calcário e gesso na implantação do sistema de plantio direto, utilizando a cultura da soja em Latossolo vermelho distrófico, verificaram que o gesso aumentou os teores de cálcio e enxofre (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) no subsolo, aumentou a concentração de fósforo e reduziu a de magnésio na camada superficial do solo.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar alterações em alguns atributos químicos e físicos em Latossolo promovidos pela utilização do gesso agrícola associado a dois sistemas de manejo de solo cultivados com soja.

## Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da UFMS–Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, no ano agrícola de 2004/2005, localizado ao sul de Mato Grosso do Sul, tendo como coordenadas geográficas 22°12'16"S e 54°48'2"W. A altitude da região é de 452 m, e o clima regional é classificado pelo Sistema Internacional de Köppen como Cwa–Mesotérmico Úmido (Mato Grosso do Sul, 1990). A precipitação média anual é de 1500 mm, e a temperatura média anual de 22°C. A topografia do local é plana, e o solo, originalmente sobre vegetação de Cerrado, é

classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, cujas características químicas do solo antes da instalação do experimento são apresentadas na Tabela 1. O teor de argila do solo em estudo é  $66,5 \text{ g kg}^{-1}$ .

**Tabela 1.** Características químicas do solo antes da instalação do experimento – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2003.

pH	P	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	H + Al	m	V
CaCl <sub>2</sub>	mg m <sup>-3</sup>				mmol dm <sup>-3</sup>				%	%
4,1	3,6	16,6	1,5	15,1	12,1	28,7	149,9	121,2	36,6	19,4

A área experimental encontra-se, ainda, no segundo ano de exploração agrícola, apresentando até o momento a sucessão de culturas trigo/soja/trigo/soja, sendo anteriormente este solo nunca cultivado.

A soja foi cultivada sob dois sistemas de manejo, o sistema plantio direto (PD) e o sistema de preparo convencional (PC). Os dois sistemas encontram-se no segundo ano de exploração, devendo ficar claro, principalmente, que o PD encontra-se em fase inicial. Em cada sistema de manejo teve-se ausência e a dose  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso agrícola bi hidratado. A dose de  $2000 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso foi baseada em um ensaio preliminar, com dados ainda não publicados que demonstraram que essa dose proporcionaria maiores benefícios ao solo em termos de reagregação. A preparação da área experimental iniciou-se antes do plantio da primeira sucessão trigo/soja, com a aplicação de calcário em toda a área. Utilizou-se a dose de calcário para elevar a saturação por bases a 60%. Após a calagem, aplicaram-se  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio) e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MAP) para elevar os teores de fósforo e potássio do solo. Em seguida, realizou-se a aplicação do gesso apenas nos tratamentos em que deveriam receber esse corretivo. No PC, o gesso foi incorporado, e no PD ele foi apenas distribuído sobre a superfície. O sistema de preparo convencional consistia do preparo do solo antes da instalação da cultura, sempre com o uso de grade intermediária para o preparo primário e de grade niveladora, para o preparo secundário. A fórmula utilizada para a adubação da soja foi a 00-20-20. A temperatura média e a precipitação pluvial durante o ciclo da cultura foram, respectivamente,  $25,7^{\circ}\text{C}$  e  $841,7 \text{ mm}$ . A precipitação pluvial foi bem distribuída e de acordo com as necessidades da cultura da soja, tendo ocorrido estiagem somente no final do ciclo da cultura, no mês de fevereiro, o que não comprometeu o desenvolvimento da cultura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjado em esquema de

parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. Consideraram-se como parcelas o manejo do solo, como subparcelas a adição ou não de gesso agrícola e como subsubparcelas as profundidades de coleta 0-10, 10-20 e 20-30 cm para a análise de características químicas, e as profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm para análise das características físicas. O fato da análise do solo ter-se dado até a profundidade de 30 cm e não a profundidades maiores é consequência de que nos solos objetos de pesquisa cerca de 80 a 85% das raízes encontrarem-se, em condições de cultivo contínuo, até 20 cm de profundidade. A dimensão das parcelas foi de  $12 \times 30 \text{ m}$ , totalizando uma área de  $360 \text{ m}^2$ .

Os materiais de solo, para determinação das análises químicas e físicas foram coletados nas entrelinhas da cultura da soja e, após a colheita da mesma, procedeu-se amostragem simples por parcela, nas profundidades já descritas acima. Os atributos físicos analisados foram as densidades de partícula e do solo e a porosidade total. Os químicos foram: pH em CaCl<sub>2</sub>, alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>), fósforo disponível (P), cátions trocáveis (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), saturação por alumínio (m%), acidez trocável (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (T) e saturação de bases (V).

As densidades de partículas e porosidade total foram determinadas de acordo com Embrapa (1997), e a densidade do solo conforme Blake (1968). O pH em CaCl<sub>2</sub>  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  foi determinado segundo a metodologia descrita em Embrapa (1997). O alumínio, o cálcio e o magnésio trocáveis foram obtidos segundo a metodologia descrita por Defelipo e Ribeiro (1981). O potássio trocável foi determinado pelo método proposto por Vettori (1969), sendo a sua determinação obtida por fotometria de chama. O fósforo teve a extração da sua forma “disponível”, seguindo o procedimento descrito por Defelipo e Ribeiro (1981), sendo que para sua determinação utilizou-se o fotocolorímetro, conforme recomendado por Braga e Defelipo (1974). A capacidade de troca de cátions (T) foi determinada de acordo com o método descrito pela Embrapa (1997), através da expressão:  $T = SB + (H^+ + Al^{3+})$ , em que T = capacidade de troca de cátions, em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , SB = soma dos cátions trocáveis (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>), em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A acidez trocável (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , e a saturação por alumínio (m%) =  $(Al^{3+}/SB + Al^{3+}) \cdot 100$  foram determinadas de acordo com o método descrito pela Embrapa (1997). A Soma de bases (SB) foi determinada pela soma de bases trocáveis do solo. A saturação de bases (V) foi calculada com o uso da

fórmula  $V=100. SB/T$ .

Todos os dados foram submetidos à análise de variância com significância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e posteriormente, os fatores qualitativos, por meio de teste de médias, e os quantitativos, por meio de regressão (Banzato e Kronka, 1989).

## Resultados e discussão

A densidade e a porosidade total do solo foram influenciadas significativamente pela interação, pela forma de manejo do solo e pelo uso do gesso (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios de densidades de partícula (DP) e do solo (DS) e porosidade total (PT), na profundidade de 30 cm, observadas após a colheita da soja em função da interação manejo do solo e efeito residual da gessagem – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

Manejo	Gesso	DP (g cm <sup>-3</sup> )	DS (kg dm <sup>-3</sup> )	PT (%)
PD	0	2,973 Aa	1,16 Bb	61,175 Aa
	2000	2,970 Aa	1,19 Aa	60,102 Ba
PC	0	2,946 Aa	1,20 Aa	59,783 Ba
	2000	2,963 Aa	1,15 Bb	60,526 Aa

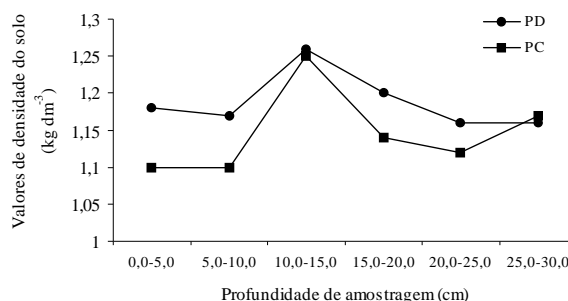
Letras maiúsculas na coluna referem-se às diferenças entre as doses de gesso para o mesmo manejo de solo (F 5%); Letras minúsculas na coluna referem-se às diferenças entre os manejos de solo para a mesma dose de gesso (F 5%).

No sistema de plantio direto, o uso da dose de 2000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola induziu o aumento da densidade do solo e a redução no índice de porosidade total (Tabela 2), o que pode ter ocorrido em função da neutralização parcial de íons alumínio, fato que, de acordo com Rosa Junior (1994), pode, nos Latossolos, promover a dispersão de agregados já existentes. No sistema de preparo convencional, o uso de gesso induziu a redução da densidade do solo e o aumento subsequente na porosidade, fato que se atribui à ação agregante do gesso pelo fornecimento de cátions que, possivelmente, neutralizariam parte das cargas negativas ocorrentes no meio e, portanto, proporcionariam condições de aproximação do ponto zero de carga (PZC) (Rosa Junior *et al.*, 1999/2001), agregando, dessa forma, partículas que estivessem livres ou dispersas em água.

Comparando-se os valores de densidade do solo, entre os sistemas de manejo de solo, para os tratamentos que receberam gesso agrícola, pode-se observar que o sistema de preparo convencional proporcionou menores valores do que o sistema plantio direto, embora tivesse ocorrido mecanização mais intensa no primeiro deles. Provavelmente, o menor valor de densidade encontrado no preparo convencional é devido à incorporação de gesso que ocorreu neste sistema de preparo, proporcionando, então, uma maior rapidez na reação do gesso com o solo, ao longo do perfil considerado.

Quando se comparam os valores de densidades

do solo, em função dos manejos de solo estudados, em camadas estratificadas do perfil (Figura 1), pode-se observar que o preparo convencional induziu redução da densidade do solo até a profundidade de 25 cm, exceto na faixa de 10-15 cm, onde haveria ainda influência dos equipamentos de preparo utilizados. Esses resultados pressupõem a ocorrência de eluvição de partículas de argila dispersa em água, o que estaria de acordo com Rosa Junior (2000). Dados similares foram obtidos por Rosa Junior *et al.* (2004) que, trabalhando com Latossolo, observaram que, inversamente aos valores da porosidade total, a densidade de solo aumentou, especialmente na camada de 8-12 cm, provavelmente em função dos maiores teores de água nessa camada de solo, independentemente dos manejos utilizados.



**Figura 1.** Densidade do solo em função da profundidade e dos sistemas de manejo de solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

O efeito da gessagem sobre a porosidade total do solo, quando se considerou o sistema plantio direto, não foi proporcional, pois houve diminuição dos valores desse atributo (Tabela 2). Provavelmente a dose de gesso utilizada no presente trabalho não tenha sido suficiente para proporcionar os benefícios esperados pela aplicação do gesso agrícola.

Com relação aos atributos químicos estudados, somente houve a influência do sistema de cultivo sobre os valores médios de fósforo disponível (Tabela 3), o que pode ser creditado à maior concentração do elemento nas camadas mais superficiais do solo, uma vez que esse elemento é praticamente imóvel no perfil do solo.

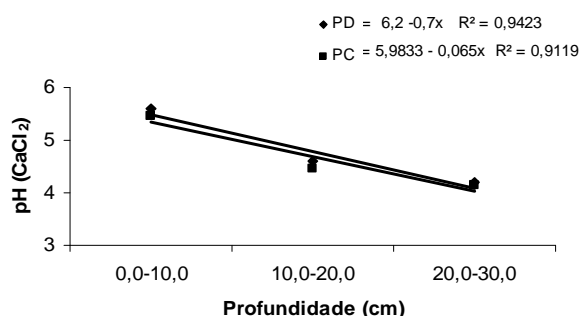
De maneira geral, o sistema de plantio direto foi o que apresentou características químicas melhores, o que está de acordo com Caires *et al.* (2003), ao relatarem que esse sistema melhora os atributos químicos do solo, uma vez que, ao não promover revolvimento do solo, ele promove acúmulo dos nutrientes em camadas mais superficiais. Por outro lado, o uso do gesso não causou aumento sobre os valores de pH, e essa observação está de acordo com os resultados encontrados por Roth *et al.* (1986).

**Tabela 3.** Características químicas do solo observadas após a colheita da soja em função apenas do sistema de manejo do solo e doses de gesso agrícola – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

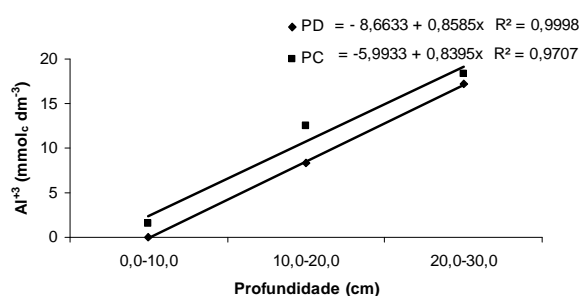
Manejo	pH CaCl <sub>2</sub>	P Mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	SB	T	H+Al	m	V
						mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	%
PD	4,8a	15,1a	3,9a	39,2a	14,5a	8,5a	57,6a	126,6a	69,0a	12,8a	44,1a
PC	4,7a	7,0b	1,8a	34,3a	14,0a	10,8a	50,3a	126,6a	76,3a	17,6a	38,8a
Gessagem	pH CaCl <sub>2</sub>	P Mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	SB	T	H+Al	m	V
						mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	%
0	4,7a	13,3a	2,5a	35,4a	13,8a	10,0a	51,7a	125,6a	73,9a	16,2a	40,3a
2000	4,8a	8,8a	3,2a	38,1a	14,9a	9,3 a	56,2a	127,7a	71,5a	14,2a	42,6a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si (F 5%).

Mas, comparando-se o pH inicial do solo (Tabela 1) e o pH atual do solo (Tabela 3), nota-se que houve alteração. Isso se deve à aplicação de calcário feito em toda a área experimental antes da instalação do experimento, pois, segundo Nogueira e Mozeto (1990), o calcário tende a elevar o pH do solo. Os valores obtidos de pH diminuíram linearmente com o aumento da profundidade (Figura 2), o que é decorrente da redução dos valores de bases trocáveis à medida que aumenta a profundidade do solo.

**Figura 2.** pH em CaCl<sub>2</sub> em função das profundidades das amostras de solo e sistemas de manejo do solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

A profundidade de amostragem do solo mostrou efeito linear positivo sobre os valores de alumínio trocável (Figura 3), fato que pode ser atribuído aos menores efeitos das bases trocáveis em profundidade, pois, nessas camadas, seriam restritas, uma vez que podem estar mais relacionadas a fontes orgânicas, ocorrentes na superfície do solo. O gesso não mostrou influência sobre a quantidade de alumínio trocável existente nessas profundidades, uma vez que o tempo de reação do produto no solo teria sido insuficiente para que ele proporcionasse os benefícios esperados, o que está de acordo com o observado por Ernani (1986), que, estudando a aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campo nativo, também não verificou alterações no teor de alumínio até a dose de 16 t ha<sup>-1</sup>.

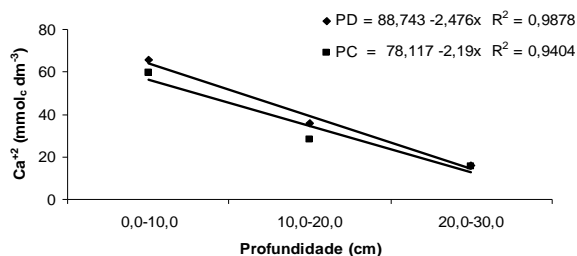
**Figura 3.** Teores de Al<sup>+3</sup> em função das profundidades das amostras de solo e sistemas de manejo de solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

Mendes (2003), estudando a calagem e a gessagem em café, também relatou que não foi percebida a contribuição do gesso na redução da toxidez do alumínio. Apesar dos sistemas de manejo do solo não se diferenciarem estatisticamente em relação aos valores de alumínio trocável, pode-se notar que, no plantio direto, houve maior redução do alumínio. Vários autores observaram também que em sistemas plantio direto, onde os resíduos vegetais são mantidos na superfície do solo, há redução da atividade do alumínio tóxico (Salet *et al.*, 1996 e Franchini *et al.*, 1999) em decorrência de sua complexão orgânica por compostos solúveis presentes nos restos das plantas.

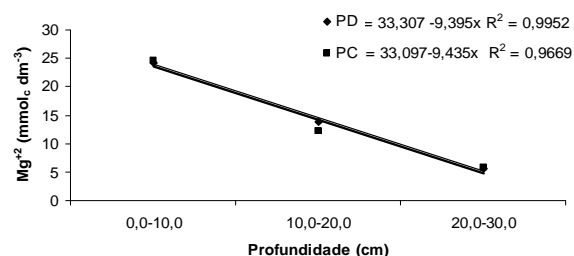
Os teores de cálcio e magnésio (Figura 4 e 5) diminuíram linearmente em função da profundidade da amostra do solo, mas não foram influenciados pelo uso do gesso agrícola, nem pelos sistemas de manejos. O fato de o gesso não ter influenciado o teor de cálcio está em desacordo com alguns autores (Rosolem e Machado, 1984; Morelli *et al.*, 1992 e Caires *et al.*, 2003), pois estes relatam que o gesso tem a capacidade de aumentar o teor de cálcio no solo.

Quando se compararam os teores iniciais de cálcio e magnésio (Tabela 1) aos teores do solo atual (Tabela 3), observa-se que houve uma alteração, principalmente nos teores de cálcio. Como relatado

anteriormente, neste solo adicionou-se calcário, sendo este um grande fornecedor de cálcio e magnésio para o solo (Sousa e Lobato, 2004).

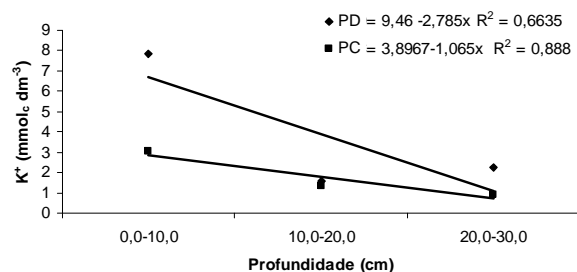


**Figura 4.** Teores de  $\text{Ca}^{+2}$  em função das profundidades das amostras de solo e sistemas de manejo do solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.



**Figura 5.** Teores de  $\text{Mg}^{+2}$  em função das profundidades das amostras do solo e sistemas de manejo do solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

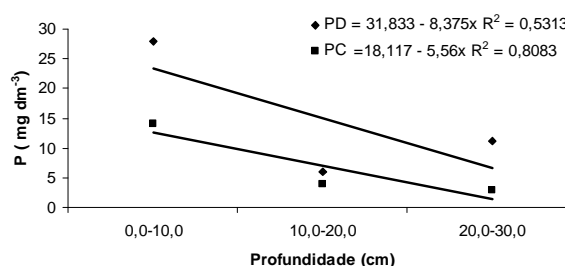
Os teores de potássio entre todos os tratamentos não diferiram estatisticamente. Ocorreu um aumento do teor desse elemento no solo em todos os tratamentos, provavelmente devido às adubações realizadas nos dois anos de cultivo e à redução com o aumento da profundidade (Figura 6). Ernani (1986) também relatou que até a dose de  $32 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso o teor de potássio trocável não foi afetado, ao contrário do que foi observado por outros autores (Quaggio *et al.*, 1982; Rosolem e Machado, 1984).



**Figura 6.** Teores de  $\text{K}^{+}$  em função das profundidades amostradas do solo e sistemas de manejo do solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2004–2005.

Houve diferença significativa do teor de fósforo entre os dois sistemas de manejo estudados. A quantidade de fósforo foi maior no sistema de

plantio direto (Figura 7), ocorrendo principalmente maiores teores na camada mais superficial do solo, provavelmente em função de sua imobilidade no solo. Sá (2001) relatou que em sistema plantio direto tem sido constatada a ocorrência de maior enriquecimento dos nutrientes na camada de 0 a 5 cm, e, dentre estes, o fósforo tem apresentado os maiores incrementos, podendo ser quatro a sete vezes superior no sistema de plantio direto em relação ao preparo convencional.



**Figura 7.** Teores de P em função das profundidades das amostras do solo e sistemas de manejo do solo – UFMS, Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, 2005.

Não houve influência dos tratamentos aplicados sobre os valores de saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), acidez trocável ( $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$ ), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (T). Mendes (2003) também não observou a influência do gesso sobre esses atributos químicos. O aumento da saturação por bases ocorreria se simultaneamente à aplicação de gesso tivesse aumentado o teor de cálcio, pois, segundo Morelli *et al.* (1992), o aumento da saturação por bases, motivado pelo uso do gesso, ocorre devido ao aumento da concentração de cálcio no solo, uma vez que o gesso não altera o pH e, conseqüentemente, a CTC efetiva. Os sistemas de plantio não diferiram entre si quanto aos valores de V%, SB e T. Provavelmente isso se deve ao fato de o sistema de plantio direto encontrar-se em fase inicial. Derpsch *et al.* (1991), comparando durante quatro anos os sistemas de plantio direto e preparo convencional, notaram maiores quantidades de bases ( $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) no sistema de plantio direto, assim como também maiores teores de potássio. Eles também relataram que a capacidade de troca catiônica (T) também foi maior no plantio direto, devido ao maior teor de matéria orgânica no solo.

## Conclusão

O uso do gesso no sistema de preparo convencional proporcionou a redução da densidade

do solo e o aumento da porosidade.

O sistema plantio direto e o uso do gesso agrícola causaram aumento nos valores de densidade do solo e redução no índice de porosidade total.

O sistema de plantio direto proporcionou aumento no teor de fósforo na camada de 0,0 – 10,0 cm de profundidade.

## Referências

- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 1989.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analyses*. Madison: American Society of Agronomy, 1968. p. 344–390.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinações espectrofotométricas de fósforo em extrato de solo e material vegetal. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 113, n. 1, p. 73–85, 1974.
- CAIRES, E.F. *et al.* Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 27, n. 2, p. 275–86, 2003.
- CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B.V. Calcium sulphate phosphogypsum e calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant and Soil*, The Netherlands, v. 192, p. 37–48, 1997.
- COUTO, W. *et al.* Sulfato sorption by two oxisoils and a alfissol of the tropics. *Soil Sci.*, New Brunswick, v. 127, p. 108–116, 1979.
- DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. *Análise química do solo*. Viçosa: UFV, 1981. (Boletim de extensão n. 29).
- DERPSCH, R. *et al.* Comparação entre diferentes métodos de preparo do solo. In: DERPSCH, R. *et al.* (Ed.). *Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo*. Londrina : Iapar/Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. cap. 5, p. 71–116.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1997. (Documento, 1).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tecnologia de produção de soja–Região Central do Brasil 2005*. Londrina: Embrapa Soja, 2004.
- ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 10, n. 3, p. 241–245, 1986.
- FRANCHINI, J.C. *et al.* Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 533–542, 1999.
- FREITAS, B.J. A disposição do fosfogesso e seus impactos ambientais. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. *Anais...* Uberaba: Ibrafós, 1992. p. 325–339.
- KLEIN, V.A. A física do solo na produção agrícola e na qualidade ambiental. *Rev. Plantio Direto*, Passo Fundo, v. 61, p. 28, 2001.
- LOPES, A.S. *Solos sob “Cerrado”, características, propriedades e manejo*. Piracicaba: Instituto Internacional de Potassa, 1984.
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral. *Atlas Multireferencial*. Campo Grande, 1990.
- MENDES, A.M. Alterações de características químicas do solo pela calagem e gessagem superficiais sob cultivo de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Resumos...* Ribeirão Preto: Unesp-SBCS, 2003. CD-Rom.
- MEURER, J.E. *Fundamentos da química*. 2. ed. Porto Alegre: Genises, 2004.
- MORELLI, J.L. *et al.* Calcário e gesso na produtividade de cana de açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 16, p. 187–194, 1992.
- NOGUEIRA, A.R.A.; MOZETO, A.A. Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 14, p. 1–6, 1990.
- PAVAN, M.A. *et al.* Redistribution of exchangeable calcium magnesium and aluminum following lime as gypsum applications to a brasilian oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 48, p. 33–38, 1984.
- QUAGGIO, J.A. *Acidez e calagem em solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000.
- QUAGGIO, J.A. *et al.* Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 6, p. 189–194, 1982.
- RODRIGUES, G.M. *et al.* Movimentação de bases em solo de cerrado submetido a diferentes sistemas de manejo e corretivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO: ALICERCE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 29., 2003, Ribeirão Preto, *Resumos...* Ribeirão Preto: Unesp-SBCS, 2003. CD-Rom.
- ROSA JUNIOR, E.J. Compactação em Latossolo I: Sua gênese. *Rev. Cient.*, Campo Grande, v. 1, p. 51–54, 1994.
- ROSA JUNIOR, E.J. *Efeitos de sistemas de manejo na cultura do milho (Zea mays L.) em um Latossolo Roxo distrófico de Dourados-MS*. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista/Unesp, Botucatu, 2000.
- ROSA JUNIOR, E.J. *et al.* Efeito da calagem, gessagem e adubação fosfatada sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico de Dourados-MS. *Rev. Cienc. Agr.*, Campo Grande, v. 1, p. 5–12, 1994.
- ROSA JUNIOR, E.J. *et al.* Gesso e calcário como condicionadores de atributos de um Latossolo sob cultivo de soja–milho. *Rev. Cienc. Agr.*, Campo Grande, v. 2/4, n. 3/8, p. 45–50, 1999/2001.
- ROSA JUNIOR, E.J. *et al.* Manejo do solo e de culturas e seu efeito sobre soja e atributos de um latossolo In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. *Resumos...* Santa Maria: UFSM-SBCS, 2004. CD-Rom.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Efeitos da calagem e

gessagem sobre a produção de algodão e lixiviação de bases em dois Latossolos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 8, p. 103-109, 1984.

ROTH, C.H. et al. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltração de água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 10, p. 163-166, 1986.

SÁ, J.C.M. Impacto do aumento da matéria orgânica do solo em atributos da fertilidade no sistema plantio direto. *In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO*, 5., 2001, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa-UFMS-APDC, 2001. p. 35-43.

SALET, R.L. et al. O alumínio é menos tóxico no sistema de plantio direto. *In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE*

CIÊNCIA DO SOLO, 5., 1996, Lages. *Resumo expandido...* Lages: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1996. v. 1, p. 72-74.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. *In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa, 2004. cap. 3. p. 81-95.

VETTORI, L. *Métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro: Equipe de pedagogia e fertilidade do solo do Ministério da Agricultura, 1969. (Boletim técnico, n. 7).

*Received on April 28, 2006.*

*Accepted on April 23, 2007.*