

CALCÁRIO E GESSO COMO CONDICIONANTES FÍSICO E QUÍMICO DE UM SOLO DE CERRADO SOB TRÊS SISTEMAS DE MANEJO¹

Edgard Jardim Rosa Junior², Roone Maicon Gonçalves Martins³,
Yara Brito Chaim Jardim Rosa², Cassiano Cremon⁴

ABSTRACT

LIME AND GYPSUM AS PHYSICAL AND CHEMICAL CONDITIONERS OF A SAVANNAH SOIL UNDER THREE MANAGEMENT SYSTEMS

Samples of a savannah dystroferric Oxisol were collected from three management systems, incubated with lime to 0%, 60% and 100% base saturation, and with agricultural gypsum to 0 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹, 1,000 kg ha⁻¹ and 2,000 kg ha⁻¹. A completely randomized 3x3x4 factorial experimental design was used, with four replications. After lime and gypsum application, soil samples were incubated for 45 days. Afterwards, physical and chemical analyses were performed. Independently of the soil management system, a close inverse correlation ($r = -0.9801$; $p < 0,01$) between water dispersed clay content (WDC) and flocculation degree was observed. In soil samples collected from annual crops without liming WDC values were higher than for forage and native savannah vegetation. Soil liming for forage, at 60% base saturation, promoted increase in aggregates greater than 1.0 mm. Gypsum increased flocculation, no matter rates or soil use.

KEY WORDS: soil management, liming, gypsum.

RESUMO

Amostras de um Latossolo Vermelho Distroférico, coletadas sob três condições de uso, foram incubadas com calcário, em doses para a obtenção de 0%, 60% e 100% de saturação por bases, e com gesso agrícola, nas doses 0 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹, 1000 kg ha⁻¹ e 2000 kg ha⁻¹. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3x4, com quatro repetições. Após a aplicação dos corretivos, as amostras de solo foram incubadas por um período de 45 dias. Em seguida, procederam-se as análises físicas e químicas especificadas. Observou-se que, independentemente do uso do solo, houve uma correlação inversa ($r = -0,9801$; $p < 0,01$) entre os valores de argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação. Em solos submetidos a culturas anuais, sem o uso de calcário, obtiveram-se maiores valores de ADA que naqueles submetidos à pastagem ou sob vegetação nativa. A calagem em solos sob pastagem, com doses para elevação da saturação de bases a 60%, proporcionou aumentos nos valores de agregados maiores que 1,0 mm. O gesso induziu aumentos no grau de floculação, independentemente da dose ou do tipo de uso do solo.

PALAVRAS-CHAVE: manejo do solo, calagem, gessagem.

INTRODUÇÃO

Ao estudar a ação do tipo e tempo de uso em dois solos de cerrado do Brasil Central, Rosa Junior (1984) verificou que, em função de variações no uso e no tempo de exploração, podem-se obter alterações, em graus variáveis, de suas características físicas e, ou, químicas. Isto ocorreria em função da variação da capacidade de troca de cátions e, possivelmente, da qualidade dos colóides de argila presentes.

Nas condições edafo-climáticas dos cerrados a calagem e a gessagem são práticas comuns. A cala-

gem, além de afetar o condicionamento físico do solo, pode causar a dispersão químicas dos agregados. O uso dos gesso, ao contrário, pode promover a reagregação de parte das argilas dispersas em água (Rosa Junior 1994a, Rosa Junior *et al.* 1994).

Anteriormente, trabalhando com um Latossolo, já haviam constatado que com a adição de calcário aumentaram-se os valores de argila dispersa em água, o que foi relacionado com o distanciamento do ponto zero de carga (PZC). Isso porque os Latossolos possuem grande capacidade de troca de cátions (T) dependente de pH, o que acontece pelo surgimento

1. Trabalho recebido em jan./2004 e aceito para publicação em mar./2006 (registro n° 574).

2. Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (DCA-UFMS), Caixa Postal 533, CEP 79804-970 Dourados, MS. E-mail jjunior@ceud.ufms.br

3. Curso de Mestrado em Produção Vegetal, DCA-UFMS. E-mail rmgmartins@bol.com.br

4. Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa. E-mail cacremon@bol.com.br

de cargas negativas decorrentes da reação do calcário no solo (Butierrez 1980).

Couto *et al.* (1979) e Pavan (1984) argumentam que o gesso agrícola não altera o pH e, portanto, não aumenta a capacidade de troca de cátions nos Latossolos. Daí, representa uma opção seria o seu uso como condicionador do solo. Isso também foi verificado por, Rosa Junior *et al.* (1994), que concluíram que o uso do gesso aumentou a quantidade de agregados estáveis em água, maiores que 1,0 mm de diâmetro.

Esse fato assume maior importância ao se considerar, como afirmaram Russel & Russel (1964), que a baixa difusão de oxigênio e o acúmulo de CO₂ em solos compactados, são os responsáveis pela redução do sistema radicular e, conseqüentemente, da planta. Baver *et al.* (1972) citaram que os poros de aeração, quando abaixo de 0,10-0,15 m³.m⁻³, são insuficientes para a expansão radicular. Essas considerações demonstram a necessidade de estudos mais detalhados sobre o efeito de práticas de manejo e de uso dos solos.

Borges *et al.* (1997a) observaram que doses elevadas de gesso, em solos com camada subsuperficial compactada, promoveram efeito floculante no solo. Parte dessas observações foram confirmadas por Borges *et al.* (1997b), que trabalhando com solos compactados, observaram redução nos valores de densidade do solo, com o aumento das doses de gesso aplicadas.

Considerando-se que a recomposição física do solo, especialmente quanto à descompactação, não pode ser realizada apenas sob o ponto de vista mecânico (Rosa Junior 1994a, 1994b), objetivou-se, com este trabalho, verificar o efeito do uso do solo, do calcário e do gesso sobre alguns atributos químicos (excetuando-se a movimentação de íons e lixiviação de bases) e físicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Núcleo Experimental de Ciências Agrárias em Dourados-MS, a partir da coleta de amostras de solo (Latosolo Vermelho Distroférico) na camada de 0-20 cm de profundidade, sob três condições de uso: culturas anuais, com as sucessões soja/trigo e soja/milho por 24 anos (Ca); solo sob cultivo de pastagem extensiva por trinta anos (Pg); e solo sob vegetação nativa de cerrado (Mt). Os locais de coleta das amostras de solo representavam áreas contíguas, sendo de 150 m a distância máxima entre os pontos de amostragem.

O material amostrado foi seco à sombra por dez dias e, em seqüência, peneirado, utilizando-se uma peneira de malha de 2,0 mm de diâmetro, e homogeneizado.

Sobre esses solos aplicou-se gesso nas doses 0 kg ha⁻¹, 500 kg ha⁻¹, 1000 kg ha⁻¹ e 2000 kg ha⁻¹, e calcário em doses para se elevar a saturação por bases a 0%, 60% e 100%. Mediante análise química de rotina (Tabela 1), as dosagens de calcário para elevar em 60% a saturação por bases foram: 2500 kg ha⁻¹, 3000 kg ha⁻¹ e 4800 kg ha⁻¹, para as respectivas amostras de solo sob culturas anuais (Ca), pastagem (Pt) e vegetação nativa (Mt). Para se elevar a saturação por bases a 100% utilizaram-se as doses: 7600 kg ha⁻¹, 6300 kg ha⁻¹ e 9600 kg ha⁻¹, respectivamente, para as amostras de Ca, Pt e Mt. As principais características dos insumos usados foram, PRNT = 100,1%, com 28% de CaO e 21,5% de MgO, para o calcário "filler"; e, 16% de água, 26% de CaO e 16% de S, para o gesso.

Os tratamentos foram aplicados em porções de 3,0 kg de solo, que, após terem recebido as respectivas doses de gesso e calcário, foram transferidas para um saco plástico transparente, de dimensões 0,40 m x 0,60 m para a devida homogeneização. Em seguida, os materiais foram acondicionados em sacos plásticos transparentes de 0,25 m x 0,35 m, onde receberam a quantidade de água necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, com a manutenção de 25% de água em relação ao peso do solo seco. A seguir os sacos plásticos foram fechados, deixando-se um respiradouro através do uso de uma mangueira plástica de ¼" de diâmetro e 0,10 m de comprimento. Os tratamentos permaneceram dessa forma e à sombra, em incubação, sobre uma bancada de alvenaria, por um período de 45 dias.

Findo o período de incubação, os sacos plásticos foram abertos e deixados para secar por mais 15 dias procedendo-se, então, às determinações dos atributos químicos e físicos do solo. Os atributos químicos considerados foram: pH em água (pHA) e em KCl 1,0 N (pHK); capacidade de troca de cátions

Tabela 1. Valores¹ de atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico, sob uso de culturas anuais, pastagem e vegetação nativa.

Uso do solo	MO	pH	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
	(mg.dm ⁻³)	H ₂ O								
Culturas anuais	14,7	5,1	0,4	24,5	6,0	3,0	85,0	9,4	94,4	9
Pastagens	26,1	5,2	3,2	9,0	37,0	11,3	76,0	51,5	127,5	40
Vegetação nativa	14,4	4,9	2,6	10,8	12,1	5,9	62,0	20,6	82,6	24

¹ - Média de quatro repetições

(T); acidez trocável ($H^+ + Al^{3+}$), determinados de acordo com Embrapa (1997); ΔpH , dado pela expressão: $\Delta pH = pH \text{ em KCl} - pH \text{ em água}$; alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis, obtidos pela metodologia de Defelipo & Ribeiro (1981); potássio trocável (K^+), segundo Vettori (1969); soma de bases (SB), dada pelo somatório das bases trocáveis no solo; saturação por bases (V), calculada pela expressão: $V = 100 \times SB/T$; e carbono orgânico, obtido de acordo com Jackson (1968). A quantidade de matéria orgânica do solo (MOS), em $mg \cdot dm^{-1}$, foi calculada pela equação: $MOS = C \times 1,724$, em que C é o conteúdo de carbono orgânico do solo ($mg \cdot dm^{-1}$) e 1,724, o fator de conversão.

Os atributos físicos analisadas foram: textura, argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF), determinados segundo Embrapa (1997); e distribuição de agregados, separando-os por classes de tamanho em: $>2,00 \text{ mm}$; $2,00-1,00 \text{ mm}$; $1,00-0,105 \text{ mm}$; e $<0,105 \text{ mm}$, conforme Grohmann (1960).

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 3 \times 4$, com quatro repetições. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, os fatores qualitativos (efeitos dos tipos de uso do solo) foram analisados mediante testes de média e os quantitativos (efeitos das doses de calcário e de gesso) por análise de regressão (Banzato & Kronka 1989). As análises foram executadas no aplicativo computacional *Saeg* (Ribeiro 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos sobre atributos químicos do solo

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) do tipo de uso do solo e das doses de calcário e gesso sobre os atributos químicos estudados. Os valores médios destes atributos, no final do período experimental, em relação aos usos do solo estudados são apresentados na Tabela 2. Os maiores valores de matéria orgânica do solo foram observados sob a condição de vegetação nativa, o que se deve à fitomassa decorrente da vegetação da cobertura original. Os menores valores deste atributo foram encontrados na condição sob pastagem, o que se supõe ser decorrente de sua degradação.

Os valores de pH em água (Tabela 2) devem ter sido influenciados pelo efeito residual de calagens, pois foram maiores quando o uso do solo foi de culturas anuais, seguido pelos usos em pastagem e vegetação nativa. Essa mesma tendência foi obser-

Tabela 2. Valores médios¹ de atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico, em função do uso do solo, observados no final do período experimental

Uso do solo	MOS	pH	pH	ΔpH	K^+	Al^{3+}	Ca^{+2}
	($mg \cdot dm^{-1}$)	(água)	(KCl)				
Ca	31,21 b	5,91 a	4,94 a	- 0,97 b	1,16 c	5,40 a	29,55 c
Pg	26,72 c	5,83 b	4,93 a	- 0,90 a	6,46 a	0,35 c	50,22 a
Mt	31,60 a	5,73 c	4,75 b	- 0,98 b	1,46 b	3,65 b	40,33 b
	Mg^{+2}	$H^+ + Al^{3+}$	SB	T	V		
	----- $mmol_c \cdot dm^{-3}$ -----					----- (%) -----	
Ca	26,89 b	48,73 b	57,60 c	106,34 c	52,66 c		
Pg	37,60 a	47,83 b	94,29 a	142,13 a	65,52 a		
Mt	26,25 b	56,28 a	68,05 b	124,33 b	53,52 b		

¹. Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente (Tukey a 5% de probabilidade).

vada para os valores de pH em KCl. Pela mesma tabela observa-se também que o valor de ΔpH foi menor quando o uso do solo foi de pastagem, o que, possivelmente, deve ser decorrência dos menores valores de matéria orgânica do solo.

O potássio, possivelmente, em função de sua grande mobilidade no solo, se na forma trocável, encontra-se presente em maiores quantidades nos materiais coletados em solo sob pastagem, seguido de cobertura nativa e, por fim, sob culturas anuais (Tabela 2). Isso pode estar acontecendo em função da maior fitomassa nessas condições, especialmente oriundas das raízes das plantas.

Os valores de capacidade de troca de cátions aparentemente decorrem dos valores de soma de bases do solo, o que estaria de acordo com Rosa Junior (1984). Esse fato implica em ser, o calcário, um potencial agente agregador.

Foram observadas interações significativas, de primeira ordem ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), entre os fatores uso do solo, doses de calcário e gesso aplicadas, para a maioria dos atributos químicos estudados. Uma exceção ocorreu para cálcio e magnésio no que se refere à interação gesso x calcário, e para o alumínio e soma de bases na interação gesso x uso de solo de solo.

A variação dos teores da matéria orgânica do solo (MOS), para cada dose de calcário utilizada, em função dos usos de solo e das doses de gesso estudadas, são apresentadas na Figura 1. Os maiores valores de MOS foram obtidos quando se realizou calagem para elevar a saturação por bases a 100%, e com o uso da dose de 1000 kg ha^{-1} de gesso. Isso pode ter ocorrido pela ação de agregação, o que melhora as condições da microvida e aumenta a MOS decorrente da biomassa microbiana.

Doses	Uso do solo	Equações de regressão	R ²
Zero	Ca	MOS= -0,025g ² - 0,965g + 32,475	0,9488**
	Pt	MOS= -0,025g ² + 0,015g + 26,075	0,0540 ^{ns}
	Mt	MOS= 0,075g ² - 0,685g + 32,925	0,9911**
V = 60%	Ca	MOS= -0,275g ² + 0,685g + 31,325	0,9910**
	Pt	MOS= -1,075g ² + 5,565g + 21,275	0,9949**
	Mt	MOS= 0,075g ² - 0,805g + 32,925	0,9995**
V = 100%	Ca	MOS= -0,575g ² + 2,545g + 30,575	0,6086 ^{ns}
	Pt	MOS= 0,375g ² - 1,625g + 28,425	0,3665 ^{ns}
	Mt	MOS= -0,15g ² + 0,43g + 31,65	0,8600*

Doses	Uso do solo	Equações de regressão	R ²
Zero	Ca	pH água= -0,2198Ln(g) + 5,2497	0,7763*
	Pt	pH água= -0,1013Ln(g) + 5,4805	0,5566 ^{ns}
	Mt	pH água= -0,2292Ln(g) + 5,0821	0,9492**
60% de V	Ca	pH água= -0,4849Ln(g) + 6,3853	0,9806**
	Pt	pH água= -0,0826Ln(g) + 5,6157	0,7403*
	Mt	pH água= -0,3118Ln(g) + 5,9977	0,9584**
100% de V	Ca	pH água= -0,7672Ln(g) + 7,3095	0,8181**
	Pt	pH água= 6,6	#N/D
	Mt	pH água= -0,1372Ln(g) + 6,734	0,4297 ^{ns}

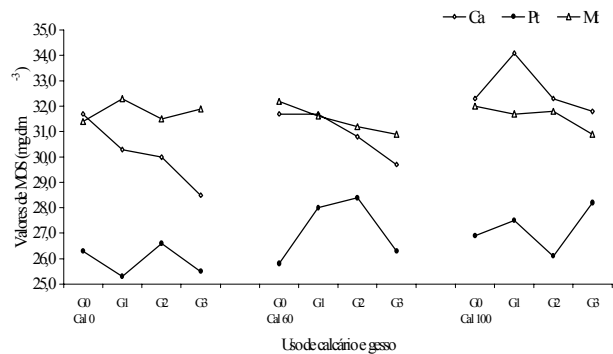


Figura 1. Valores de matéria orgânica do solo (MOS) em função do uso do solo e das doses de gesso, em kg.ha⁻¹ (G0 - zero, G1 - 500, G2 - 1000 e G3 - 2000) e de calcário (zero e para elevar a saturação por bases a 60% e 100%)

Entre os tratamentos que receberam doses de calcário para elevar a saturação de bases a 100%, os teores de matéria orgânica do solo foram influenciados, significativamente ($p < 0,05$), apenas nas amostras de solo sob vegetação nativa (Figura 1). Com o aumento das doses de calcário utilizadas, obtiveram-se maiores valores de matéria orgânica nos materiais de solo sob culturas anuais e pastagens. Isso pode ter ocorrido em função de seus efeitos sobre a população microbiana, que, tendo tido melhores condições de ambiente, possivelmente aumentou o processo de decomposição de resíduos orgânicos no solo, aumentando o teores de MOS. Isso corrobora o relatado de Rosa Junior (1991).

O pH dos solos estudados, para as três condições de uso, aumentou com as doses de calcário (Figura 2). No entanto, existiu uma tendência clara de sua redução com o uso de doses de gesso, o que se contrapõe às conclusões de Ritchey *et al.* (1980) e Silva *et al.* (1997). Salienta-se, entretanto, que no presente experimento não existiu perdas de íons por lixiviação, pois o sistema foi fechado. O aumento nos valores de pH com as doses de gesso pode estar relacionado à ocorrência de restrição de oxigênio, por um possível excesso de água, especialmente no início da incubação dos solos. Este fato poderia resultar no uso de oxigênio do sulfato ou da própria água para que organismos aeróbicos pudessem respirar em ambiente anaeróbico, o que aumentaria a concentração de hidrogênio no meio.

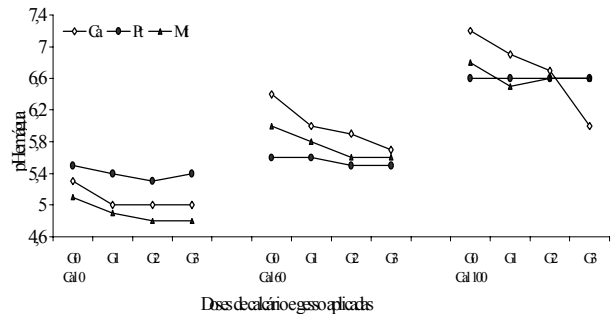


Figura 2. Valores de pH em água em função do uso do solo e das doses de gesso utilizadas, em kg.ha⁻¹ (G0 - zero, G1 - 500, G2 - 1000 e G3 - 2000) e de calcário (zero e para elevar a saturação por bases a 60% e 100%)

Independentemente da cobertura vegetal pré-existente no solo e das doses de calcário utilizadas (exceção feita quando a dose de calcário foi para se obter 100% de V, nos solos sob pastagem), os valores de ΔpH sempre aumentaram com o aumento das doses de gesso (Figura 3). Esse fato demonstra o efeito positivo do gesso em proporcionar condições de aproximação do equilíbrio entre as cargas do solo (ponto zero de carga - PZC), o que, teoricamente, possibilitaria maiores valores de graus de floculação no solo, melhorando, dessa forma, o ambiente para os vegetais.

A maior aproximação do PZC, apresentando também a maior alteração nos valores de ΔpH, ocorreu quando se utilizou calcário para elevar a saturação por bases em 100%, nas condições de solo coletadas sob culturas anuais (Figura 3). Isso pode ser um indicativo para se buscar melhores condições de desenvolvimento às plantas, especialmente nessas condições de solo em que o problema de compactação é sério.

Confirma-se, portanto, mesmo trabalhando-se em situação de ambientes fechados, o efeito positivo que o gesso agrícola pode proporcionar sobre alguns atributos físicos do solo, especialmente àqueles relacionados com a sua agregação. O gesso agrícola pode proporcionar redução dos efeitos negativos das calagens sobre agregados de maior tamanho, pois se observaram correlações significativas e inversas entre agregados maiores que 1,0 mm de diâmetro e os valores de cálcio ($r = -0,7652$), de magnésio ($r =$

Doses	Uso do solo	Equações de regressão	R ²
Zero	Ca	$\Delta \text{pH} = 0,2744\text{Ln}(x) - 1,268$	0,9072**
	Pt	$\Delta \text{pH} = 0,1559\text{Ln}(x) - 1,0989$	0,9584**
	Mt	$\Delta \text{pH} = 0,2557\text{Ln}(x) - 1,2032$	0,8863**
60% de V	Ca	$\Delta \text{pH} = 0,513\text{Ln}(x) - 1,5826$	0,9923**
	Pt	$\Delta \text{pH} = 0,07x - 1,1$	0,8909**
	Mt	$\Delta \text{pH} = 0,08x - 1,2$	0,8000*
100% de V	Ca	$\Delta \text{pH} = 0,05x^2 + 0,03x - 1,45$	0,9571**
	Pt	$\Delta \text{pH} = 0,02x - 0,9$	0,2000 ^{ns}
	Mt	$\Delta \text{pH} = 0,025x^2 - 0,095 - 0,925$	0,9333**

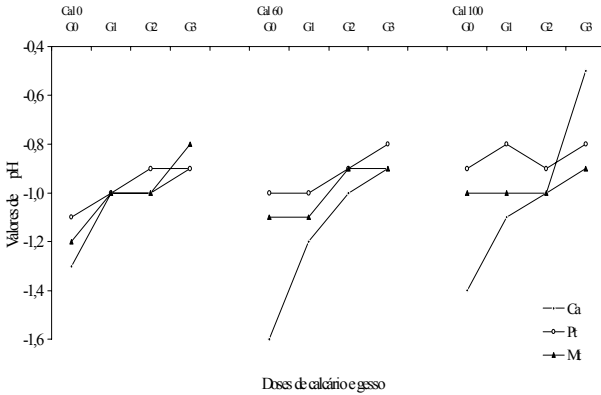


Figura 3. Valores de ΔpH em função do uso do solo e das doses de gesso, em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (G0 - zero, G1 - 500, G2 - 1000 e G3 - 2000) e de calcário (zero e para elevar a saturação por bases a 60% e 100%).

-0,7601), de ΔpH ($r = -0,6538$) e de saturação de bases ($r = -0,7893$). Esse efeito benéfico do gesso deve estar relacionado com o seu reduzido efeito sobre o aumento do pH, pois, dessa forma, causaria pequenas modificações sobre a capacidade de troca de cátions (T), já que pouco poderia alterar as cargas pH dependente. Isso pode contribuir para a aproximação do PZC e, conseqüentemente, de aumento nos valores de agregação.

A capacidade de troca de cátions (T) foi significativamente influenciada pelas doses de calcário e de gesso agrícola utilizadas, independentemente do uso anteriormente realizado sobre as áreas (Figura 4). Nesta Figura pode-se observar que, com o aumento das doses de gesso e de calcário, houve aumento nos valores de T, fato que deve estar relacionado à ação direta do efeito desses insumos sobre o pH e, portanto, aumentando a quantidade de cargas negativas dependentes do pH.

Efeitos sobre atributos físicos do solo

O tipo de solo atuou significativamente ($p < 0,01$) sobre todas as variáveis físicas estudadas, o mesmo sendo observado para as doses de calcário. As doses de gesso, entretanto, apresentaram efeitos significativos ($p < 0,01$) apenas sobre a distribuição de agregados, argila dispersa em água (ADA) e grau

Doses	Uso do solo	Equações de regressão
Zero	Ca	$T = 0,925 \text{g}^2 - 2,255 \text{g} + 98,325$
	Pt	$T = 3,075 \text{g}^2 - 14,345 \text{g} + 149,6$
	Mt	$T = 0,275 \text{g}^2 + 2,355 \text{g} + 111,31$
60% de V	Ca	$T = 2,275 \text{g}^2 - 4,785 \text{g} + 102,13$
	Pt	$T = 4,35 \text{g}^2 - 17,15 \text{g} + 150,35$
	Mt	$T = \text{g}^2 - 1,24 \text{g} + 118,9$
100% de V	Ca	$T = 4,175 \text{g}^2 - 11,925 \text{g} + 110,73$
	Pt	$T = 1,975 \text{g}^2 - 3,925 \text{g} + 144,43$
	Mt	$T = 0,675 \text{g}^2 - 4,505 \text{g} + 136,58$

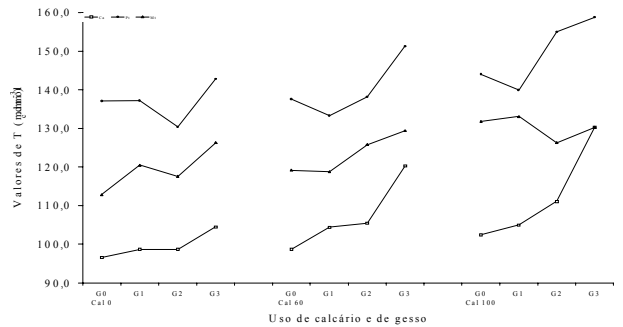


Figura 4. Valores de capacidade de troca de cátions (T) em função do uso do solo e das doses de gesso utilizadas, em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (G0 - zero, G1 - 500, G2 - 1000 e G3 - 2000) e de calcário (zero e para elevar a saturação por bases a 60% e 100%)

de floculação (GF). Os valores médios das variáveis estudadas, em relação ao tipo de solo, observados no final do experimento são apresentados na Tabela 3.

Os conteúdos de argila foram influenciados pelo uso do solo (Tabela 3), sendo seus valores maiores nas amostras sob vegetação nativa do que sob pastagens ou culturas anuais. Considerando-se que o solo utilizado era homogêneo, essas alterações foram decorrentes de falha do processo de dispersão do solo nas condições nativas, pois de acordo com Rosa Junior (1984), a estabilidade dos agregados diminuiu à medida que o manejo e o tempo de uso intensificaram. O efeito significativo do calcário sobre o conteúdo de argila do solo ocorreu, possivelmente, por sua ação sobre o pH, efeito de dispersão explicado pelo aumento da quantidade de cargas negativas nessas condições (Figura 4). Isso proporciona maior distanciamento do PZC, o que implica em excesso de cargas negativas, causando maior repulsão entre

Tabela 3. Valores médios¹ de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico em função do uso do solo observados no final do período experimental

Uso do solo	Arg	Sil	ADA	GF	Distribuição de agregados (%)			
					>2,00	2,00-1,00	0,105-1,00	<0,105
Ca	75,31 b	12,84 b	45,66 a	39,19 b	2,03 b	23,23 c	67,12 a	7,59 a
Pt	72,39 c	14,32 a	39,98 b	44,52 a	3,70 a	27,22 a	62,08 b	6,90 b
Mt	77,30 a	10,60 c	42,84 b	44,47 a	2,02 b	25,14 b	67,57 a	5,26 c

¹ - Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Tukey a 5% de probabilidade).

partículas. Os valores de silte (Tabela 3) foram inversamente proporcionais aos de argila, fato que corrobora a teoria anteriormente relatada. Isso pode ser explicado porque parte desse silte é, na verdade, microagregados, os quais são comumente denominados de pseudo-silte.

A variável argila dispersa em água (Tabela 3), que influencia positiva e inversamente os valores de grau de floculação, foi influenciada pelo uso do solo, seguindo-se a tendência de aumentar à medida que a intensidade do uso do solo ocorreu. Assim, seus valores foram maiores para as condições sob culturas anuais do que para os solos sob pastagens e vegetação nativa. Na mesma tabela pode-se observar que esse efeito causou ação, proporcional e inversa, sobre os valores de grau de floculação. Esse fato pode ser confirmado pelo aumento nos valores de agregados de menor diâmetro à medida que a intensidade de uso do solo aumentou.

O fato do uso do gesso agrícola ter proporcionado maior conteúdo de agregados de maior diâmetro, deve-se ao seu efeito de redução do ΔpH. Isso implica em proporcionar cátions para ocupar parte das cargas negativas que teriam sido fornecidas pela elevação do pH, pelo uso do calcário, processo denominado de cargas ou capacidade de troca de cátions dependentes do pH.

Houve interações significativas entre os fatores estudados sobre alguns atributos físicos do solo. Podem ser observadas, nas Figuras 5 e 6 respectivamente, os efeitos do uso do solo e das doses de calcário e gesso agrícola sobre os conteúdos de argila dispersa em água (ADA) e de agregados maiores

Doses	Uso do solo	Equações de regressão	R ²
Zero	Ca	ADA= 1,11g ² - 3,332g + 46,795	0,8824**
	Pt	ADA= -5,8625g ² + 19,553 + 30,548	0,9438**
	Mt	ADA= -5,8425g ² + 21,8690g + 27,933	0,8805**
60% de V	Ca	ADA= -0,76g ² - 2,082 + 54,57	0,8645**
	Pt	ADA= -4,765g ² + 17,321g + 31,35	0,8846**
	Mt	ADA= -7,43g ² + 27,11g + 28,25	0,9587**
100% de V	Ca	ADA= -0,335g ² + 1,059g + 46,645	0,7098 ^{ns}
	Pt	ADA= 1,325g ² - 4,995g + 48,12	0,7318 ^{ns}
	Mt	ADA= 0,125g ² - 1,813 + 53,05	0,7092 ^{ns}

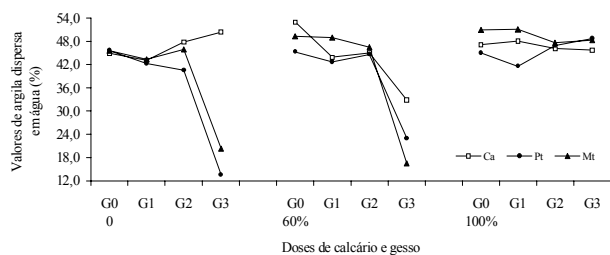


Figura 5. Valores de argila dispersa em água (ADA) em função do uso do solo e das doses de gesso, em kg.ha⁻¹ (G0 - zero, G1 - 500, G2 - 1000 e G3 - 2000) e de calcário (zero e para elevar a saturação por bases a 60% e 100%).

Doses	Uso do solo	Equações de regressão
Zero	Ca	Ag > 1 = 1,1175g ² - 7,6765g
	Pt	Ag > 1 = -0,0675g ² - 0,7955g
	Mt	Ag > 1 = -0,1525g ² - 5,0165g
60% de V	Ca	Ag > 1 = 1,715g ² - 8,235g + 2
	Pt	Ag > 1 = 1,885g ² - 11,137g + 2
	Mt	Ag > 1 = 0,215g ² - 0,323g + 2
100% de V	Ca	Ag > 1 = -2,5425g ² + 14,729g
	Pt	Ag > 1 = -2,1275g ² + 11,497g
	Mt	Ag > 1 = -0,3825g ² + 1,7675g

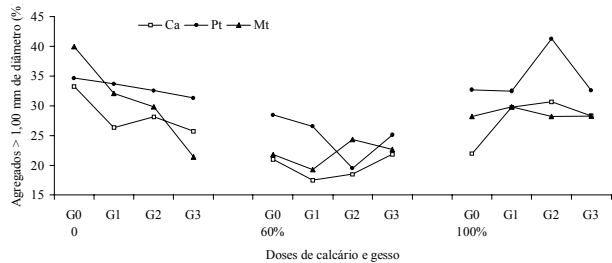


Figura 6. Valores de agregados maiores que 1,00 mm de diâmetro (Ag > 1) em função do uso do solo e das doses de gesso, em kg.ha⁻¹ (G0 - zero, G1 - 500, G2 - 1000 e G3 - 2000) e de calcário (zero e para elevar a saturação por bases a 60% e 100%).

que 1,0 mm de diâmetro (Ag > 1). Com o uso das doses de calcário para se elevar a saturação por bases a 100%, não se observou efeito significativo sobre os valores de ADA, que foram os maiores, em termos médios, que aqueles obtidos quando não se aplicou calcário ou quando o calcário foi aplicado para elevar a saturação por bases a 60%. Portanto, produziram efeitos inversos e proporcionais para os valores de grau de floculação, o que pode ter ocorrido em função dos maiores valores obtidos para pH sob essas condições (Figura 2).

Com a dose de gesso agrícola de 2000 kg ha⁻¹ obtiveram-se os menores valores de ADA, quer seja sob o tratamento que não recebeu calcário ou quando se utilizou a dose para elevar a saturação por bases a 60%. Isso, especialmente para os solos coletados sob cultivo de pastagens e de vegetação nativa (Figura 5), com efeito significativo e inverso sobre os valores do grau de floculação (GF).

Os fatores calcário e uso do solo atuaram, isoladamente (p > 0,05), sobre a variável distribuição de agregados (agregados > 1,0 mm; 1,0-2,0; 0,105-1,0 mm e < 1,0 mm de diâmetro); o mesmo sendo observado para os fatores gesso e calcário sobre essas mesmas variáveis. Também não foram observadas interações significativas nestas variáveis (p > 0,05) entre os fatores gesso e uso do solo.

A interação significativa entre calcário e gesso, sobre a soma dos agregados maiores que 1,0 mm de diâmetro, foi desdobrada e seus efeitos são apresentados na Figura 6. A pastagem, como uso do solo, foi o tratamento que proporcionou os maiores

valores de ($Ag > 1$), seguida pela condição de vegetação nativa e, por fim, de culturas anuais. Isso pode ser devido às melhores condições de agregação nestas condições, especialmente em função dos teores observados de matéria orgânica (Figura 1) e da não exposição do solo às intempéries.

Aparentemente, os maiores valores obtidos para os agregados maiores que 1,0 mm de diâmetro são pontuais, podendo ser obtidos sem o uso do calcário, nos solos sob cobertura nativa e ausência de gesso, ou quando se utilizou a dose de calcário para elevar a saturação por bases a 100%, em solo de pastagem e gesso na dose de 1.000 kg ha⁻¹ (Figura 6). Por esses resultados, pode-se deduzir que, quando se pretende adicionar gesso agrícola com a finalidade de melhorar atributos físicos do solo, não se deve generalizar indicações de doses, pois resultados indesejados de agregação do solo podem ser obtidos.

CONCLUSÕES

1. A utilização do gesso agrícola melhora as características físicas do solo, especialmente o tamanho dos agregados.
2. O calcário para elevar a saturação de bases a 100%, em quaisquer dos tipos de uso do solo estudados e doses de gesso empregadas, proporciona os menores valores de grau de floculação.
3. As respostas às doses de gesso e calcário, visando-se melhoria das características físicas do solo, dependem do uso a que este estiver sendo submetido.
4. Os menores valores de argila dispersa em água são obtidos quando se aplica gesso na dose de 2 000 kg ha⁻¹.
5. O uso de gesso agrícola reduzi os valores de argila dispersa em água.

REFERÊNCIAS

Banzato, D. A. & S. do N. Kronka. 1989. Experimentação agrícola. Jaboticabal, Funep, Jaboticabal. 247 p.

Baver, L. D., W. H. Gardner & W. R. Gardner. 1972. Soil physics. 4 ed. New York, John Wiley. 498 p.

Borges, E. N., F. Lombardi Neto, G. F. Corrêa & G. V. França. 1997a. Gesso e matéria orgânica na floculação de argila e na produção de soja em um Latossolo

Vermelho Escuro com camada subsuperficial compactada. Rev. Bras. Ci. Solo, 21 (1): 119-123.

Borges, E. N., F. Lombardi Neto, G. F. Corrêa & L. M. da Costa. 1997b. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um Latossolo com compactação simulada. Rev. Bras. Ci. Solo, 21 (1): 125-130.

Butierrez, M. de F. M. 1980. Efeito do calcário e do fosfato de potássio no ponto zero de carga (PCZ) e grau de floculação de três solos do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 58p.

Couto, W., D. J. Lathwell & D. R. Boudin. 1979. Sulfato sorption by two oxisols and a alfissol of the tropics. Soil Sci., 127(1): 108-116.

Defélipo, B.V. & A. C. Ribeiro. 1981. Análise química do solo. Imprensa Universitária UFV, Viçosa. 17 p. (Boletim de extensão 29).

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. Manual de métodos de análise do solo. 2. ed., Rio de Janeiro. 212 p.

Grohman, F. 1960. Análise de agregados de solos. Bragantia, 19(13): 201-213.

Jackson, M. L. 1968. Soil shemical analysis. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 498 p.

Pavan, M. A. 1984. Redistribution of exchangeable calcium magnesium and aluminum following lime as gypsum applications to a brasilian oxisol. Soil Sci. Soc. Am. J., 48 (1): 33-38.

Ribeiro, J. I. 2001. Análises estatísticas no Saeg. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 301 p.

Ritchey, K. D., D. M.G. Souza e Lobato & O. Correia. 1980. Calcium leaching to incesse rooting depht in a Brazilian Savannah Oxisol. Agronomy Journal, 72 (1): 40-44.

Rosa Junior, E. J. 1984. Efeito de sistemas de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no Município de Ponta Porã - MS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 89 p.

Rosa Junior, E. J. 1994a. Compactação em Latossolo I: Sua gênese. R. Cient., UFMS, 1 (1): 51-54.

Rosa Junior, E. J. 1994b. Compactação em Latossolo II: Seus efeitos e métodos de correção. R. Cient., UFMS, 1 (1): 55-59.

Rosa Junior, E. J., A. C. T. Vitorino & P. F. P. G. Vitorino. 1994. Efeito da calagem, gessagem e adubação fosfatada sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo Distrófico de Dourados - MS. R. Cient., 1 (1): 5-12.

Russel, E. J. & E. W. Russel. 1964. Las condiciones de suelos y el desarrollo de las plantas. Aguilar, Madrid. 771 p.

Silva, N. M. da, B. Van Raij, L. H. de Carvalho, O. C. Bataglia & J. I. Kondo. 1997. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. *Bragantia*, 56 (2): 389-401.

Vettori, L. 1969. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, Equipe de pedologia e fertilidade do solo do Ministério da Agricultura. 24 p. (Boletim técnico 7).